

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO ÁCIDO PIROLENHOSO NO
TRATAMENTO PRESERVATIVO DE TALISCAS DE BAMBU
GIGANTE CONTRA A DETERIORAÇÃO POR FUNGOS**

JÉSSICA HARUE MATSUOKA

CAMPINAS
MAIO DE 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO ÁCIDO PIROLENHOSO NO
TRATAMENTO PRESERVATIVO DE TALISCAS DE BAMBU
GIGANTE CONTRA A DETERIORAÇÃO POR FUNGOS**

Dissertação submetida à banca examinadora para obtenção do
título de Mestre em Engenharia Agrícola na área de concentração
em Construções Rurais e Ambiente.

JÉSSICA HARUE MATSUOKA

Orientador: Prof. Dr. Antonio Ludovico Beraldo

CAMPINAS
MAIO DE 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

M429a Matsuoka, Jéssica Harue
Avaliação da eficiência do ácido pirolenhoso no
tratamento preservativo de taliscas de bambu gigante
contra a deterioração por fungos / Jéssica Harue
Matsuoka. --Campinas, SP: [s.n.], 2011.

Orientador: Antonio Ludovico Beraldo.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Biodegradação. 2. Resistência de materiais. 3.
Testes não-destrutivos. 4. Bambu. 5. Fungos. I.
Beraldo, Antonio Ludovico. II. Universidade Estadual
de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III.
Título.

Título em Inglês: Evaluation of pyroligneous acid efficiency on preservative treatment
of giant bamboo strips against fungi

Palavras-chave em Inglês: Biodegradation, Strenght of materials, Non-destructive
testing, Bamboo, Fungi

Área de concentração: Construções Rurais e Ambiente

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Sérgio Brazolin, Julio Soriano

Data da defesa: 27/05/2011

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Jéssica Harue Matsuoka**, aprovado pela Comissão Julgadora em 27 de maio de 2011, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

FEAGRI



Prof. Dr. Antonio Ludovico Beraldo – Presidente e Orientador
Feagri/Unicamp



Dr. Sérgio Brazolin – Membro Titular
IPT



Prof. Dr. Julio Soriano - Membro Titular
Feagri/Unicamp

Faculdade de Engenharia Agrícola
Unicamp

Aos meus pais, João e Catarina, que sempre valorizaram a educação e se dedicaram com muito carinho à minha formação pessoal e acadêmica, me dando a força e o incentivo necessários para que eu pudesse concretizar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, aos meus pais, que sempre me incentivaram e me apoiaram em todos os momentos da vida, e que me proporcionaram as oportunidades necessárias para que eu pudesse realizar este mestrado. Ao professor Beraldo, por sua orientação, dedicação, paciência e toda sua sabedoria compartilhada, pessoa e profissional que muito admiro e com quem tive o prazer de trabalhar e aprender bastante. A toda minha família e amigos, pelo apoio e carinho de sempre, fundamentais na minha vida, em especial ao Pedro, pelo carinho, companheirismo, compreensão, conselhos, força e incentivo para que eu sempre pudesse seguir em frente e enfrentar os obstáculos e dificuldades encontradas; à Flavinha, Paulinha, Antônio, Áurea e família, pelas hospedagens, companhias e toda atenção dispensada; ao Maurício (Tups) por toda a paciência e ajuda com as dúvidas encontradas neste trabalho; ao Rodolfo (Dorfo), colega de faculdade e de mestrado em quem descobri um ótimo amigo e companheiro, tanto nos momentos divertidos como também nos mais difíceis e corridos; aos queridos e velhos amigos de sempre e também aos novos amigos conquistados durante este período, pela compreensão, paciência e pelos bons momentos vivenciados e compartilhados.

Ao professor Mohamed Habib, que me fez despertar o interesse pela vida acadêmica, ao me apresentar novas possibilidades de trabalho e áreas de estudo; a todos os funcionários e docentes da Faculdade de Engenharia Agrícola, pela excelente recepção, por toda a atenção e apoio e pelas aulas com as quais aprendi muito. Em especial à Rosa Helena, pelo tempo dedicado e por estar sempre à disposição, às técnicas de laboratório Gisleiva e Rosália e aos colegas da pós que conheci durante esta jornada, especialmente à Michelle, por toda a atenção e disposição ao me auxiliar com minhas dúvidas. À Montana Química S.A. pela atenção e apoio, em especial ao Dulcídio Macedo, Cristina Salvela e Jackson Vidal. Ao pessoal dos Laboratórios de Madeira e Produtos Derivados e de Preservação de Madeiras e Biodeterioração de Materiais do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo/IPT, em especial à Maria José, a qual me proporcionou a oportunidade de conhecer o Instituto e aprender novas técnicas; ao Antonio Carlos, pela aprendizagem e dedicação e ao Sérgio Brazolin, por toda atenção dedicada. Ao Sidnei Araújo do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron/LNLS pelo ensino das técnicas de uso do microscópio, à Bambu Revest por sua atenção e receptividade e interesse em nosso trabalho; ao Juan da Bioware por todo o suporte técnico oferecido referente ao bio-óleo. Ao pessoal do Laboratório de Certificação de Alimentos do Centro de Energia Nuclear na

Agricultura/CENA, pela recepção e acolhimento, especialmente à professora Tsai, pela orientação e auxílio, possibilitando a realização de grande parte do projeto; ao Ademir Durrer e José Elias, por contribuírem com meu trabalho e à Lillian Fontran, por toda a dedicação, esforço, atenção e disposição para me auxiliar nos experimentos e pesquisas. À professora Gladis Camarini e Ademir do Departamento de Arquitetura e Construção da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, pela oportunidade dada em utilizar o equipamento de microscopia óptica em nosso estudo e pela atenção e auxílio durante as análises realizadas.

À Oré Brasil, pelo fornecimento dos corpos-de-prova e do ácido pirolenhoso e pela parceria estabelecida neste projeto, em especial ao Paulo Foggiato, pelo interesse e atenção à nossa pesquisa.

À CAPES/CNPq, pela bolsa concedida; e a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho e acreditaram em mim.

RESUMO

O bambu apresenta inúmeras características que o qualificam como um material versátil e que há milhares de anos vem servindo como matéria-prima para diversos fins, fazendo parte da história e da cultura de muitos povos. Muitas pesquisas vêm sendo realizadas acerca da utilização do bambu em setores diversos como da construção civil, movelaria e produção de celulose, visando à promoção de um desenvolvimento mais sustentável. Por se tratar de um recurso renovável, o uso do bambu tem o potencial de minimizar os impactos negativos ao meio ambiente e reduzir os custos da produção, além de apresentar excelentes propriedades físico-mecânicas. Dentre as espécies cultivadas no Brasil, o bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus* Munro), de origem asiática, destaca-se na utilização para construção civil, em aplicações estruturais, arquitetônicas e em movelaria. No entanto, a baixa resistência natural da maioria das espécies ao ataque de organismos xilófagos é ainda uma das principais limitações ao seu uso, implicando em graves prejuízos econômicos. Por este motivo, muitos tratamentos preservativos vêm sendo desenvolvidos, com o intuito de prolongar a vida útil do bambu e aumentar sua resistência contra os agentes deterioradores. Este trabalho teve como objetivo identificar os principais gêneros de fungos deterioradores de bambu e desenvolver um método de tratamento preservativo que fosse eficiente no controle da deterioração do bambu por fungos e que minimizasse as características negativas inerentes aos tratamentos químicos ora existentes e ao impacto ambiental por eles causado. Desta forma, investigou-se a possibilidade de utilização do ácido pirolenhoso, produto obtido a partir do processo de carbonização de matéria vegetal. Foram testadas diversas concentrações e tempos de tratamento e realizados ensaios de apodrecimento acelerado em laboratório e ensaios não destrutivos e destrutivos para verificação da eficiência no controle à degradação por fungos. Os gêneros de fungos foram previamente isolados e identificados em ensaios de simulação de exposição em campo. Pela análise estatística dos resultados não houve diferença significativa entre os corpos-de-prova tratados e não tratados. Devido ao limitado período de 16 semanas de duração do ensaio, não foi possível avaliar a ação protetora do ácido pirolenhoso, nas concentrações e tempos de imersão utilizados, quanto à sua eficiência no tratamento preservativo das taliscas de bambu gigante contra deterioração por fungos.

Palavras-chave: *Dendrocalamus giganteus*; Biodeterioração; END; Ensaio de flexão estática.

ABSTRACT

Bamboo can be considered as a versatile material because of its many features and so it has been used for thousands of years serving as raw material to numerous uses, being part of many people's history and culture. Many researches have been conducted about bamboo uses in several areas, such as construction, furniture making and cellulose production, with the objective to promote a sustainable development, in which bamboo can substitute the conventional materials, especially wood. As bamboo is a renewable resource, it can reduce the negative impact to environment, minimize costs and also presents excellent physical and mechanical properties. There are many cultivated species in Brazil, such as the giant bamboo (*Dendrocalamus giganteus* Munro), an Asian specie that is largely used on construction, in structural and architectural applications and to furniture production. However, most species of bamboo has low natural resistance to the wood decay organisms, which still constitutes one of the major limitations to its use and can cause several economic damages. For this reason, many preservative treatments have been developing, aiming to increase bamboo life cycle and its resistance against decay agents. This work had as objective to identify the main genera of wood decaying fungi and develop an efficient preservative treatment method that controls fungal bamboo decay and minimize the negative features intrinsic to existing chemical treatment and the environmental impact caused by them as well. It was investigated the possibility of using a pyroligneous acid, which is obtained from the vegetal coal production process. Several concentrations and time of treatment were tested and specimens were submitted to an accelerated decay test in laboratory and non-destructive and destructive tests to verify the product efficiency against fungi decay. Fungi genera were previously isolated and identified through a test that simulated field exposure. The statistical analysis from the results indicated no significant difference between treated and non-treated specimens, however, due to the short period of 16 week of the essay, it wasn't possible to evaluate the protective activity of pyroligneous acid, for the concentrations and times of treatment applied to the strips, about its efficiency on preservative treatment against bamboo fungi decay.

Key-words: *Dendrocalamus giganteus*; Biodeterioration; NDT; Bending static test.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Móveis de bambu laminado colado produzidos no Brasil.....	6
Figura 2. Categorias de fungos deterioradores da madeira e bambu.....	8
Figura 3. Estrutura do cluster gênico. Os genes 18S, 5.8S e 26S são regiões altamente conservadas do genoma, sendo separadas pelas regiões ITS.....	11
Figura 4. A, B, C. Associação de fungos em colmos de <i>D. giganteus</i> expostos durante meses às intempéries em contato direto com o solo.....	20
Figura 5. Taliscas de bambu submetidas ao ensaio de simulação de exposição.....	21
Figura 6. Detalhe dos diferentes tipos de fungos obtidos dos corpos-de-prova submetidos ao ensaio de simulação de exposição.....	21
Figura 7. Amostras das taliscas em solução salina para crescimento e manutenção das colônias de fungos.....	21
Figura 8. Colônias de fungos crescidas em meio líquido BDA.....	21
Figura 9. Eletroforese em gel de agarose 1,5% de DNA de isolados de fungos obtidos de amostras de bambu amplificadas por PCR utilizando os primers ITS-1 e ITS-4.....	22
Figura 10. BLAST (Basic Local Alignment Search Tool).....	23
Figura 11. Alinhamento e análise das sequências obtidas por meio do BLAST e das amostras de fungos isoladas do bambu. BioEdit versão 7.0.5.....	24
Figura 12. Ácido pirolenhoso nas concentrações 5% (A) e 20% (B).	25
Figura 13. Corpos-de-prova submetidos ao tratamento com ácido pirolenhoso pelo método de imersão, em tempos e concentrações diferentes. Em A, concentração 5% e B, 20%.....	25
Figura 14. Equipamento utilizado para realização do ensaio de flexão estática.....	28
Figura 15. Corpo-de-prova sendo submetido ao ensaio de flexão estática.....	28
Figura 16. A. Diagrama da carga versus a deformação. B. Inclinação adotada para determinação do trecho de linearidade ($\Delta P/\Delta f$).....	29
Figura 17. Corte longitudinal do colmo de <i>D. giganteus</i> colonizado por fungos. As setas indicam as hifas em meio aos elementos anatômicos do bambu. Aumento de 150x.....	31
Figura 18. Detalhe das hifas em meio ao bambu. Aumento de 300x.....	32

Figura 19 Exemplos das morfologias e colorações das colônias dos diversos fungos isolados dos corpos-de-prova.....	32
Figura 20 Colônias de fungos isoladas de amostras de bambu identificadas como pertencentes às espécies <i>Arthrinium euphorbiae</i> (A) e <i>A. phaeospermum</i> (B e C).....	40
Figura 21 Colônias de fungos isoladas de amostras de bambu identificadas como pertencentes às espécies <i>Penicillium radicum</i> (A e B) e <i>P. citrinum</i> (C).....	41
Figura 22 <i>Roussella hysterioides</i> isolada de amostras de bambu. Em A, cultivada em placa de Petri e em B, em meio BDA líquido.....	41
Figura 23 Colônias de fungos isoladas das amostras de bambu identificadas como pertencentes ao gênero <i>Aspergillus</i>	42
Figura 24 Colônias de fungos isoladas das amostras de bambu identificadas como representantes do gênero <i>Fusarium</i>	42
Figura 25 Corpos-de-prova após seis semanas submetidos ao ensaio de apodrecimento acelerado, nos quais nota-se a presença de fungos superficiais e nenhum sinal aparente de degradação.....	43
Figura 26. As manchas escuras, verificadas nas regiões dos corpos-de-prova que não tiveram contato direto com o solo durante o ensaio acelerado de laboratório, sugerem um ataque inicial de fungos do tipo manchador.....	45
Figura 27. Média dos valores de E_d para cada tempo de exposição.....	46
Figura 28. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de imersão no tempo de exposição 1 (semana 0).....	47
Figura 29. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de imersão no tempo de exposição 2 (semana 16).....	47
Figura 30. Valores médios de E_d para os diferentes tipos de solo no tempo de exposição 2 (semana 16).....	48
Figura 31. Média dos valores de E_d para cada tipo de imersão.....	49
Figura 32. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de exposição no tempo de imersão 1 (15 min).....	49
Figura 33. Valores de E_d para as diferentes concentrações no tempo de imersão 1 (15 min).....	50

Figura 34. Valores de E_d para os diferentes tempos de exposição no tempo de imersão 2 (45 min).....	50
Figura 35. Valores de E_d para as diferentes concentrações no tempo de imersão 2 (45 min).....	51
Figura 36. Valores de E_d para os diferentes tempos de exposição no tempo de imersão 3 (90 min).....	52
Figura 37. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de exposição no tempo de imersão 4 (180 min).....	52
Figura 38. Valores de E_d para os diferentes tempos de exposição na concentração 1 (0%).....	53
Figura 39. Valores de E_d para os diferentes tempos de exposição na concentração 2 (5%).....	53
Figura 40. Valores de E_d para os diferentes tempos de exposição na concentração 3 (10%).....	54
Figura 41. Valores de E_d para os diferentes tempos de exposição na concentração 4 (20%).....	54
Figura 42. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de imersão na concentração 3 (10%).....	55
Figura 43. Valores de E_d para os diferentes tempos de imersão na concentração 4 (20%).....	55
Figura 44. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de exposição na concentração 5 (30%).....	56
Figura 45. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de imersão na concentração 5 (30%).....	57
Figura 46. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de exposição no solo 1 (não estéril).....	57
Figura 47. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de exposição no solo 2 (estéril).....	58
Figura 48. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de imersão no solo 1 (não estéril).....	58

Figura 49. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de imersão no solo 2 (estéril).....	59
Figura 50. Média dos valores de MOE para cada concentração.....	60
Figura 51. Valores de MOE para os diferentes tempos de imersão na concentração 3 (10%).....	60
Figura 52. Média dos valores de MOE para cada tempo de imersão.....	61
Figura 53. Valores médios de MOE para as diferentes concentrações no tempo de imersão 1 (15 min).....	62
Figura 54. Valores médios de MOE para as diferentes concentrações no solo 1 (não estéril).....	63
Figura 55. Média dos valores de MOR para cada tempo de imersão.....	64
Figura 56. Valores médios de MOR para as diferentes concentrações no tempo de imersão 1 (15 min).....	65
Figura 57. Valores médios de MOR para as diferentes concentrações no tempo de imersão 4 (180 min).....	65
Figura 58. Valores médios de MOR para os diferentes tipos de solo no tempo de imersão 1 (15 min).....	66
Figura 59. Valores médios de MOR para os diferentes tipos de solo no tempo de imersão 4 (180 min).....	66
Figura 60. Valores médios de MOR para os diferentes tipos de solo na concentração 1 (0%).....	67
Figura 61. Valores médios de MOR para os diferentes tipos de solo na concentração 2 (5%).....	67
Figura 62. Valores médios de MOR para os diferentes tempos de imersão na concentração 3 (10%).....	68
Figura 63. Valores médios de MOR para os diferentes tempos de imersão na concentração 4 (20%).....	69
Figura 64. Valores médios de MOR para os diferentes tempos de imersão na concentração 5 (30%).....	69
Figura 65. Valores médios de MOR para os diferentes tipos de solo na concentração 4 (20%).....	70

Figura 66. Valores médios de MOR para os diferentes tipos de solo na concentração 5 (30%).....	70
Figura 67. Média dos valores de MOR para cada tipo de solo.....	71
Figura 68. Valores médios de MOR para os diferentes tempos de imersão no solo 1 (não estéril).....	71
Figura 69. Imagens de microscopia óptica de amostras de bambu testemunha (T) e tratadas com o ácido pirolenhoso nas concentrações 0% (0), 5% (A), 10% (B), 20% (C) e 30% (D).....	73
Figura 70. Árvore filogenética da amostra B1 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 560 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore não enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	91
Figura 71. Árvore filogenética da amostra G1 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 540 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	91
Figura 72. Árvore filogenética da amostra H1 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 480 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	92
Figura 73. Árvore filogenética da amostra G2 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 590 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	92
Figura 74. Árvore filogenética da amostra H2 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 500 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	93
Figura 75. Árvore filogenética da amostra A3 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite	

Likelihood utilizando 560 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	94
Figura 76. Árvore filogenética da amostra B3 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 560 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	95
Figura 77. Árvore filogenética da amostra G3 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 370 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	96
Figura 78. Árvore filogenética da amostra E4 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 550 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	97
Figura 79. Árvore filogenética da amostra A5 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 590 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	98
Figura 80. Árvore filogenética da amostra B5 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 530 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	99
Figura 81. Árvore filogenética da amostra A6 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 560 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	100
Figura 82. Árvore filogenética da amostra B6 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 530 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	100

Figura 83. Árvore filogenética da amostra G6 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 600 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	101
Figura 84. Árvore filogenética da amostra A7 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 610 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	101
Figura 85. Árvore filogenética da amostra B7 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 545 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	102
Figura 86. Árvore filogenética da amostra A8 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 590 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	102
Figura 87. Árvore filogenética da amostra B8 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 560 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	103
Figura 88. Árvore filogenética da amostra E8 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 600 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	103
Figura 89. Árvore filogenética da amostra G8 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 600 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão.....	104
Figura 90. Árvore filogenética da amostra A9 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite	

Likelihood utilizando 520 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	105
Figura 91. Árvore filogenética da amostra A6 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 550 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	105
Figura 92. Árvore filogenética da amostra G9 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 550 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	106
Figura 93. Árvore filogenética da amostra E10 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 430 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	107
Figura 94. Árvore filogenética da amostra G10 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 450 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	107
Figura 95. Árvore filogenética da amostra A11 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 620 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.....	108

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Variáveis e quantidade de corpos-de-prova utilizados no tratamento.....	26
Tabela 2. Lista dos gêneros e espécies encontrados no NCBI com possível correlação com as sequências das amostras de fungos isoladas do bambu.....	33
Tabela 3. Teor de umidade dos corpos-de-prova testemunha (sem tratamento).....	79
Tabela 4. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 0% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.....	80
Tabela 5. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 0% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.....	80
Tabela 6. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 5% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.....	81
Tabela 7. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 5% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.....	81
Tabela 8. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 10% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.....	82
Tabela 9. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 10% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.....	82
Tabela 10. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 20% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.....	83
Tabela 11. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 20% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.....	83
Tabela 12. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 30% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.....	84
Tabela 13. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 30% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.....	84
Tabela 14. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (VLLsat) para os três tempos de exposição em corpos-de-prova testemunha (sem tratamento).....	85
Tabela 15. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (VLLsat) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 0% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.....	86

Tabela 16. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (VLLsat) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 0% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.....	86
Tabela 17. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (VLLsat) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 5% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.....	87
Tabela 18. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (VLLsat) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 5% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.....	87
Tabela 19. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (VLLsat) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 10% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.....	88
Tabela 20. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (VLLsat) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 10% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.....	88
Tabela 21. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (VLLsat) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 20% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.....	89
Tabela 22. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (VLLsat) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 20% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.....	89
Tabela 23. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (VLLsat) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 20% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.....	90
Tabela 24. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (VLLsat) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 20% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.....	90
Tabela 25. Valores médios de massa dos corpos-de-prova obtidos antes (m0), durante (m6) e após (m16) o ensaio acelerado de laboratório para as diferentes concentrações, tempos de imersão e tipos de solo.....	109

Tabela 26. Valores médios do módulo dinâmico encontrados antes (Ed0), durante (Ed6) e após (Ed16) o ensaio acelerado de laboratório para as diferentes concentrações, tempos de imersão e tipos de solo.....	110
Tabela 27. Análise de variância para E_d – Tipo III Soma dos quadrados.....	111
Tabela 28. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de exposição. Método de Tukey HSD.....	111
Tabela 29. Testes de faixa múltipla para E_d por concentração da solução. Método de Tukey HSD.....	111
Tabela 30. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão. Método de Tukey HSD 95%.....	112
Tabela 31. Testes de faixa múltipla para E_d por tipo de solo. Método de Tukey HSD 95%. 112	
Tabela 32. Análise de variância para E_d no tempo de exposição 1 (semana 0)– Tipo III Soma dos quadrados.....	113
Tabela 33. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão no tempo de exposição 1. Método de Tukey HSD 95%.....	113
Tabela 34. Análise de variância para E_d no tempo de exposição 2 (semana 6) – Tipo III Soma dos quadrados.....	114
Tabela 35. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão no tempo de exposição 2. Método de Tukey HSD 95%.....	114
Tabela 36. Análise de variância para E_d no tempo de exposição 3 (semana 16) – Tipo III Soma dos quadrados.....	115
Tabela 37. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão no tempo de exposição 3. Método de Tukey HSD 95%.....	115
Tabela 38. Testes de faixa múltipla para E_d por tipo de solo no tempo de exposição 3. Método de Tukey HSD 95%.....	115
Tabela 39. Análise de variância para E_d na concentração 1 (0%) – Tipo III Soma dos quadrados.....	116
Tabela 40. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de exposição na concentração 1. Método de Tukey HSD 95%.....	116
Tabela 41. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão na concentração 1. Método de Tukey HSD 95%.....	116

Tabela 42. Testes de faixa múltipla para E_d por tipo de solo na concentração 1. Método de Tukey HSD 95%.....	116
Tabela 43. Análise de variância para E_d na concentração 2 (5%) – Tipo III Soma dos quadrados.....	117
Tabela 44. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de exposição na concentração 2. Método de Tukey HSD 95%.....	117
Tabela 45. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão na concentração 2. Método de Tukey HSD 95%.....	117
Tabela 46. Testes de faixa múltipla para E_d por tipo de solo na concentração 2. Método de Tukey HSD 95%.....	117
Tabela 47. Análise de variância para E_d na concentração 3 (10%) – Tipo III Soma dos quadrados.....	118
Tabela 48. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de exposição na concentração 3. Método de Tukey HSD 95%.....	118
Tabela 49. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão na concentração 3. Método de Tukey HSD 95%.....	118
Tabela 50. Testes de faixa múltipla para E_d por tipo de solo na concentração 3. Método de Tukey HSD 95%.....	119
Tabela 51. Análise de variância para E_d na concentração 4 (20%) – Tipo III Soma dos quadrados.....	119
Tabela 52. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de exposição na concentração 4. Método de Tukey HSD 95%.....	119
Tabela 53. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão na concentração 4. Método de Tukey HSD 95%.....	119
Tabela 54. Testes de faixa múltipla para E_d por tipo de solo na concentração 4. Método de Tukey HSD 95%.....	120
Tabela 55. Análise de variância para E_d na concentração 5 (30%) – Tipo III Soma dos quadrados.....	120
Tabela 56. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de exposição na concentração 5. Método de Tukey HSD 95%.....	120

Tabela 57. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão na concentração 5. Método de Tukey HSD 95%.....	120
Tabela 58. Testes de faixa múltipla para E_d por tipo de solo na concentração 5. Método de Tukey HSD 95%.....	121
Tabela 59. Análise de variância para E_d no tempo de imersão 1 (15 minutos) – Tipo III Soma dos quadrados.....	121
Tabela 60. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de exposição no tempo de imersão 1. Método de Tukey HSD 95%.....	121
Tabela 61. Testes de faixa múltipla para E_d por concentração no tempo de imersão 1. Método de Tukey HSD 95%.....	121
Tabela 62. Testes de faixa múltipla para E_d por tipo de solo no tempo de imersão 1. Método de Tukey HSD 95%.....	122
Tabela 63. Análise de variância para E_d no tempo de imersão 2 (45 minutos) – Tipo III Soma dos quadrados.....	122
Tabela 64. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de exposição no tempo de imersão 2. Método de Tukey HSD 95%.....	122
Tabela 65. Testes de faixa múltipla para E_d por concentração no tempo de imersão 2. Método de Tukey HSD 95%.....	123
Tabela 66. Testes de faixa múltipla para E_d por tipo de solo no tempo de imersão 2. Método de Tukey HSD 95%.....	123
Tabela 67. Análise de variância para E_d no tempo de imersão 3 (90 minutos) – Tipo III Soma dos quadrados.....	123
Tabela 68. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de exposição no tempo de imersão 3. Método de Tukey HSD 95%.....	124
Tabela 69. Testes de faixa múltipla para E_d por concentração no tempo de imersão 3. Método de Tukey HSD 95%.....	124
Tabela 70. Testes de faixa múltipla para E_d por tipo de solo no tempo de imersão 3. Método de Tukey HSD 95%.....	124
Tabela 71. Análise de variância para E_d no tempo de imersão 4 (180 minutos) – Tipo III Soma dos quadrados.....	125

Tabela 72. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de exposição no tempo de imersão 4. Método de Tukey HSD 95%.....	125
Tabela 73. Testes de faixa múltipla para E_d por concentração no tempo de imersão 4. Método de Tukey HSD 95%.....	125
Tabela 74. Testes de faixa múltipla para E_d por tipo de solo no tempo de imersão 4. Método de Tukey HSD 95%.....	126
Tabela 75. Análise de variância para E_d solo 1 (normal) – Tipo III Soma dos quadrados....	126
Tabela 76. Testes de faixa múltipla para E_d por concentração no solo 1. Método de Tukey HSD 95%.....	126
Tabela 77. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão no solo 1. Método de Tukey HSD 95%.....	126
Tabela 78. Análise de variância para E_d solo 2 (estéril) – Tipo III Soma dos quadrados.....	127
Tabela 79. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de exposição no solo 2. Método de Tukey HSD 95%.....	127
Tabela 80. Testes de faixa múltipla para E_d por concentração no solo2. Método de Tukey HSD 95%.....	127
Tabela 81. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão no solo 2. Método de Tukey HSD 95%.....	128
Tabela 82. Valores médios do módulo de elasticidade (MOE) dos corpos-de-prova obtidos para as diferentes concentrações, tempos de imersão e tipos de solo.....	128
Tabela 83. Análise de variância para MOE – Tipo III Soma dos quadrados.....	129
Tabela 84. Testes de faixa múltipla para MOE por concentração da solução. Método de Tukey HSD.....	130
Tabela 85. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão. Método de Tukey HSD 95%.....	130
Tabela 86. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo. Método de Tukey HSD 95%.....	130
Tabela 87. Análise de variância para MOE na concentração 1 (0%)– Tipo III Soma dos quadrados.....	131
Tabela 88. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão na concentração 1. Método de Tukey HSD 95%.....	131

Tabela 89. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo na concentração 1. Método de Tukey HSD 95%.....	131
Tabela 90. Análise de variância para MOE na concentração 2 (5%)– Tipo III Soma dos quadrados.....	132
Tabela 91. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão na concentração 2. Método de Tukey HSD 95%.....	132
Tabela 92. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo na concentração 2. Método de Tukey HSD 95%.....	132
Tabela 93. Análise de variância para MOE na concentração 3 (10%)– Tipo III Soma dos quadrados.....	133
Tabela 94. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão na concentração 3. Método de Tukey HSD 95%.....	133
Tabela 95. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão na concentração 3. Método de Tukey HSD 95%.....	133
Tabela 96. Análise de variância para MOE na concentração 4 (20%)– Tipo III Soma dos quadrados.....	134
Tabela 97. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão na concentração 4. Método de Tukey HSD 95%.....	134
Tabela 98. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo na concentração 4. Método de Tukey HSD 95%.....	134
Tabela 99. Análise de variância para MOE na concentração 5 (30%)– Tipo III Soma dos quadrados.....	135
Tabela 100. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão na concentração 5. Método de Tukey HSD 95%.....	135
Tabela 101. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo na concentração 5. Método de Tukey HSD 95%.....	135
Tabela 102. Análise de variância para MOE no tempo de imersão 1 (15 min)– Tipo III Soma dos quadrados.....	136
Tabela 103. Testes de faixa múltipla para MOE por concentração da solução no tempo de imersão 1. Método de Tukey HSD 95%.....	136

Tabela 104. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo no tempo de imersão 1. Método de Tukey HSD 95%.....	136
Tabela 105. Análise de variância para MOE no tempo de imersão 2 (45 min)– Tipo III Soma dos quadrados.....	137
Tabela 106. Testes de faixa múltipla para MOE por concentração da solução no tempo de imersão 2. Método de Tukey HSD 95%.....	137
Tabela 107. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo no tempo de imersão 2. Método de Tukey HSD 95%.....	137
Tabela 108. Análise de variância para MOE no tempo de imersão 3 (90 min)– Tipo III Soma dos quadrados.....	138
Tabela 109. Testes de faixa múltipla para MOE por concentração da solução no tempo de imersão 3. Método de Tukey HSD 95%.....	138
Tabela 110. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo no tempo de imersão 3. Método de Tukey HSD 95%.....	138
Tabela 111. Análise de variância para MOE no tempo de imersão 4 (180 min)– Tipo III Soma dos quadrados.....	139
Tabela 112. Testes de faixa múltipla para MOE por concentração da solução no tempo de imersão 4. Método de Tukey HSD 95%.....	139
Tabela 113. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo no tempo de imersão 4. Método de Tukey HSD 95%.....	139
Tabela 114. Análise de variância para MOE no solo 1 (normal)– Tipo III Soma dos quadrados.....	140
Tabela 115. Testes de faixa múltipla para MOE por concentração da solução no solo 1. Método de Tukey HSD 95%.....	140
Tabela 116. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão no solo 1. Método de Tukey HSD 95%.....	140
Tabela 117. Análise de variância para MOE no solo 2 (estéril)– Tipo III Soma dos quadrados.....	141
Tabela 118. Testes de faixa múltipla para MOE por concentração da solução no solo 2. Método de Tukey HSD 95%.....	141

Tabela 119. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão no solo 2. Método de Tukey HSD 95%.....	141
Tabela 120. Valores médios do módulo de ruptura (MOR) dos corpos-de-prova obtidos para as diferentes concentrações, tempos de imersão e tipos de solo.....	143
Tabela 121. Análise de variância para MOR – Tipo III Soma dos quadrados.....	144
Tabela 122. Testes de faixa múltipla para MOR por concentração da solução. Método de Tukey HSD 95%.....	144
Tabela 123. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão. Método de Tukey HSD 95%.....	144
Tabela 124. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo. Método de Tukey HSD 95%.....	145
Tabela 125. Análise de variância para MOR na concentração 1 (0%)– Tipo III Soma dos quadrados.....	145
Tabela 126. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão na concentração 1. Método de Tukey HSD 95%.....	145
Tabela 127. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo na concentração 1. Método de Tukey HSD 95%.....	145
Tabela 128. Análise de variância para MOR na concentração 2 (5%)– Tipo III Soma dos quadrados.....	146
Tabela 129. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão na concentração 2. Método de Tukey HSD 95%.....	146
Tabela 130. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo na concentração 2. Método de Tukey HSD 95%.....	146
Tabela 131. Análise de variância para MOR na concentração 3 (10%)– Tipo III Soma dos quadrados.....	147
Tabela 132. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão na concentração 3. Método de Tukey HSD 95%.....	147
Tabela 133. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo na concentração 3. Método de Tukey HSD 95%.....	147
Tabela 134. Análise de variância para MOR na concentração 4 (20%)– Tipo III Soma dos quadrados.....	148

Tabela 135. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão na concentração 4. Método de Tukey HSD 95%.....	148
Tabela 136. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo na concentração 4. Método de Tukey HSD 95%.....	148
Tabela 137. Análise de variância para MOR na concentração 5 (30%)– Tipo III Soma dos quadrados.....	149
Tabela 138. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão na concentração 5. Método de Tukey HSD 95%.....	149
Tabela 139. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo na concentração 5. Método de Tukey HSD 95%.....	149
Tabela 140. Análise de variância para MOR no tempo de imersão 1 (15 min)– Tipo III Soma dos quadrados.....	150
Tabela 141. Testes de faixa múltipla para MOR por concentração da solução no tempo de imersão 1. Método de Tukey HSD 95%.....	150
Tabela 142. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo no tempo de imersão 1. Método de Tukey HSD 95%.....	150
Tabela 143. Análise de variância para MOR no tempo de imersão 2 (45 min)– Tipo III Soma dos quadrados.....	151
Tabela 144. Testes de faixa múltipla para MOR por concentração da solução no tempo de imersão 2. Método de Tukey HSD 95%.....	151
Tabela 145. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo no tempo de imersão 2. Método de Tukey HSD 95%.....	151
Tabela 146. Análise de variância para MOR no tempo de imersão 3 (90 min)– Tipo III Soma dos quadrados.....	152
Tabela 147. Testes de faixa múltipla para MOR por concentração da solução no tempo de imersão 3. Método de Tukey HSD 95%.....	152
Tabela 148. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo no tempo de imersão 3. Método de Tukey HSD 95%.....	152
Tabela 149. Análise de variância para MOR no tempo de imersão 4 (180 min)– Tipo III Soma dos quadrados.....	153

Tabela 150. Testes de faixa múltipla para MOR por concentração da solução no tempo de imersão 4. Método de Tukey HSD 95%.....	153
Tabela 151. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo no tempo de imersão 4. Método de Tukey HSD 95%.....	153
Tabela 152. Análise de variância para MOR no solo 1 (normal)– Tipo III Soma dos quadrados.....	154
Tabela 153. Testes de faixa múltipla para MOR por concentração da solução no solo 1. Método de Tukey HSD 95%.....	154
Tabela 154. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão no solo 1. Método de Tukey HSD 95%.....	154
Tabela 155. Análise de variância para MOR no solo 2 (estéril)– Tipo III Soma dos quadrados.....	155
Tabela 156. Testes de faixa múltipla para MOR por concentração da solução no solo 2. Método de Tukey HSD 95%.....	155
Tabela 157. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão no solo 2. Método de Tukey HSD 95%.....	155

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 O bambu.....	4
3.1.1 Usos e aplicações do bambu.....	5
3.1.2 Deterioração biológica do bambu.....	7
3.2 Fungos deterioradores.....	7
3.2.1 Identificação e Caracterização de Fungos Filamentosos.....	10
3.3 Tratamentos Preservativos.....	12
3.4 Preservativos Oleosos ou Óleosolúveis.....	14
3.4.1 Creosoto - Bio-óleo.....	14
3.4.2 Pentaclorofenol.....	15
3.5 Preservativos Hidrossolúveis.....	15
3.5.1 CCA (Arseniato de Cobre Cromatado).....	15
3.5.2 CCB (Borato de Cobre Cromatado).....	16
3.5.3 ABB (Ácido bórico e bórax).....	16
3.5.4 Ácido Pirolenhoso.....	16
3.6 Ensaio com ultrassom.....	17
3.7 Ensaio de flexão estática.....	18
4. MATERIAL E METODOLOGIA.....	19
4.1 Corte dos colmos para ensaios de simulação de exposição.....	19
4.2 Ensaio de simulação de exposição.....	19
4.3 Confecção de corpos-de-prova para simulação de exposição.....	19
4.4 Análise de microscopia eletrônica de varredura.....	19
4.5 Isolamento de colônias de fungos.....	20
4.6 Identificação dos gêneros e espécies de fungos.....	22
4.7 Tratamento com ácido pirolenhoso.....	24
4.8 Ensaio acelerado de laboratório.....	26
4.9 Ultrassom.....	27

4.10 Ensaio de flexão estática.....	28
4.11 Microscopia óptica.....	29
4.12 Análise estatística.....	29
4.13 Cálculo do teor de umidade das amostras.....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1 Análise em microscopia eletrônica de varredura.....	31
5.2 Isolamento e Identificação dos gêneros e espécies de fungos.....	32
5.2.1 Análise filogenética.....	40
5.3 Ensaio acelerado de laboratório – Resultados parciais.....	43
5.3.1 Inspeção visual.....	43
5.3.2 Perda de massa.....	43
5.3.3. Ultrassom.....	43
5.4 Ensaio acelerado de laboratório – Resultados finais.....	44
5.4.1 Inspeção visual.....	44
5.4.2 Perda de massa.....	44
5.4.3 Ultrassom.....	45
5.4.3.1 Tempo de exposição.....	46
5.4.3.2 Tempo de imersão.....	48
5.4.3.3 Concentração da solução e tipo de solo.....	53
5.4.4 Ensaio de flexão estática (MOE).....	59
5.4.4.1 Concentração.....	59
5.4.4.2 Tempo de imersão.....	61
5.4.4.3 Tipo de solo.....	62
5.4.5 Ensaio de flexão estática (MOR).....	63
5.4.5.1 Tempo de imersão.....	63
5.4.5.2 Concentração.....	67
5.4.5.3 Tipo de solo.....	70
5.5 Microscopia óptica.....	73
6. CONCLUSÕES.....	74
6.1 Isolamento e identificação dos fungos.....	74
6.2 Ensaio acelerado de laboratório.....	74

6.3 Avaliação de perda de massa.....	74
6.4 Avaliação do E_d	75
6.5 Ensaio de flexão.....	75
6.6 Sugestões para trabalhos futuros.....	75
7. ANEXOS.....	77
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	156

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Há milênios, o bambu vem fazendo parte da cultura de muitos povos, sendo empregado para diversos fins, seja na alimentação, na confecção de utensílios, em artesanato, em movelaria, em construções rurais (cercas, estufas, galpões e pequenas casas) e até mesmo em grandes construções, tais como habitações, hotéis, pontes e templos. Por se tratar de um recurso renovável, que possui rápido crescimento, ampla distribuição mundial, baixo custo e fácil obtenção, o bambu apresenta grande potencial como matéria-prima industrial, sendo uma alternativa mais econômica e ecologicamente viável aos materiais convencionais, reduzindo assim o impacto econômico e sócio-ambiental gerado pela industrialização e utilização indiscriminada dos recursos naturais. Ainda, o bambu apresenta excelentes propriedades físicas e mecânicas, o que o possibilita substituir materiais como a madeira em diversos setores, sobretudo em movelaria.

Dentre as espécies indicadas para uso neste setor, destaca-se o *Dendrocalamus giganteus* Munro, originário da Ásia, porém bastante cultivado no Brasil.

Apesar de suas propriedades e da vasta quantidade de bambu disponível no país, o uso deste material é muito limitado devido à baixa resistência natural da maioria das espécies e à alta vulnerabilidade à deterioração por agentes biológicos, como fungos e insetos. Dentre tais organismos, os fungos constituem um importante agente deteriorador do bambu, podendo causar desde danos estéticos até o completo apodrecimento do material, comprometendo assim sua durabilidade e seu comportamento estrutural.

Por esta razão, o bambu geralmente é submetido a um tratamento preservativo, o qual visa aumentar sua resistência aos organismos xilófagos, podendo um bom tratamento prolongar sua vida útil em 15 a 25 anos, conforme as condições de uso às quais o bambu estará exposto. Os preservativos são produtos tóxicos aos agentes deterioradores, devendo penetrar efetivamente no material a ser preservado, sem causar risco de evaporação ou lixiviação, e sem apresentar toxicidade ao homem, plantas e animais. Estudos sobre o adequado tratamento preservativo aplicado ao bambu são de extrema importância para difundir seu uso e melhorar sua competitividade para que possa ser um excelente substituto aos materiais convencionais. Atualmente, existem diversos métodos de tratamento preservativo, podendo ser classificados em naturais ou químicos. Apesar de serem considerados mais eficientes na preservação do bambu, os tratamentos químicos se utilizam de componentes que podem ser contaminantes ao

meio ambiente. Assim, faz-se necessária a busca por produtos alternativos que sejam eficientes na preservação do bambu e que causem o mínimo de impacto ambiental, além de apresentarem baixo custo.

Sob estes aspectos, o ácido pirolenhoso – um subproduto da carbonização de matéria vegetal – mostra-se um potencial produto preservativo que atende a essas necessidades básicas. Trata-se, portanto, de um produto natural que, apesar de possuir diversas utilidades como atividade fungicida, normalmente é desprezado no processo de produção do carvão vegetal e acaba sendo liberado no ambiente na forma de fumaça, causando poluição e desperdício.

Visando conciliar a busca por um produto alternativo que reúna as qualidades necessárias para um tratamento efetivo e o reaproveitamento de componentes que normalmente são descartados sem critério no meio ambiente, investigou-se o potencial e a possibilidade de uso do ácido pirolenhoso no tratamento preservativo do bambu contra a deterioração por fungos. Sua eficiência no controle à deterioração por fungos foi avaliada por meio de ensaios não destrutivos (avaliação de perda de massa e ultrassom), de apodrecimento acelerado e ensaios destrutivos de flexão e comparou-se o desempenho das taliscas tratadas com amostras testemunhas (sem tratamento).

2. OBJETIVOS

O presente projeto teve como objetivo geral avaliar a eficiência do tratamento de taliscas de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus* Munro) por meio da utilização do ácido pirolenhoso, buscando-se o controle da deterioração por fungos. Para que se pudesse alcançar tal objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificação dos principais gêneros de fungos deterioradores do bambu gigante;
- Determinação da diluição ideal de aplicação do ácido pirolenhoso;
- Determinação de um tempo ótimo de imersão que garanta a adequada retenção do ácido pelo bambu;
- Avaliação da suscetibilidade à deterioração por fungos do bambu tratado com ácido pirolenhoso em comparação com amostras testemunhas (sem tratamento) por meio de ensaios de apodrecimento acelerado, ensaios não destrutivos por ultrassom e perda de massa e ensaio destrutivo de flexão.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O bambu

O bambu é uma planta perene pertencente à família das gramíneas (Poaceae), muito versátil e de grande utilidade. Com mais de 1.300 espécies distribuídas pelo mundo, é encontrado naturalmente nas zonas tropicais, subtropicais e temperadas de todos os continentes, exceto na Europa (LOPES, FREIRE e FERREIRA, 2002; HIDALGO-LÓPEZ, 2003; BARBOZA, BARBIRATO e SILVA, 2008). No Brasil, apesar de existirem espécies nativas, as mais utilizadas são aquelas de origem asiática, introduzidas por colonizadores portugueses e imigrantes asiáticos. Dentre elas, as principais são: *Bambusa vulgaris* Schrad. ex J.C. Wendl., *Bambusa vulgaris* var. *vittata* Rivière & C. Rivière, *Bambusa tuldoidea* Munro, *Dendrocalamus giganteus* Wall. ex Munro e *Phyllostachys* sp. (AZZINI, SANTOS e PETTINELLI JUNIOR¹, 1997 *apud* NASCIMENTO, STACHERA e XAVIER, 2002; BARBOZA, BARBIRATO e SILVA, 2008).

O bambu se adapta facilmente a diferentes condições de clima e altitude e possui um crescimento extremamente rápido: algumas espécies chegam a alcançar altura de 15 - 30 metros em 2 a 4 meses e atingem a maturidade em 3 a 8 anos, tornando-se um dos recursos naturais renováveis de mais rápido crescimento (CHANG e WU, 2000; LAPO e BERALDO, 2008). Trata-se de uma cultura perene, cujos colmos são produzidos assexuadamente ano após ano, não havendo necessidade de replantio. Seu ciclo de vida pode chegar a 120 anos, tendo seu fim marcado pela floração, evento muito raro na maioria das espécies (SARLO, 2000; BARBOZA, BARBIRATO e SILVA, 2008).

Sua estrutura é formada pelas porções subterrânea (rizoma) e aérea (colmo, ramos, folhas, flores e frutos), aproveitando-se todas as partes desse vegetal. Os colmos do bambu, em particular, apresentam características físicas e mecânicas excepcionais, sendo bastante resistentes à tração e à compressão, permitindo uma ampla variedade de usos em sistemas estruturais (GHAVAMI e MARINHO, 2005; BARBOZA, BARBIRATO e SILVA, 2008). De acordo com Beraldo *et al.* (2003), a resistência à tração paralela às fibras pode atingir valores de 260 a 370 MPa, enquanto a resistência à compressão situa-se na faixa de 20 a 120 MPa; o módulo de elasticidade em compressão varia entre 2,6 e 20 GPa. A resistência à flexão estática

¹ AZZINI, A.; SANTOS, R.L.; PETTINELLI JÚNIOR, A. Bambu: Material Alternativo para Construções Rurais. Campinas, SP, Instituto Agrônomo de Campinas, **Boletim Técnico**, n.171, p.1-18, 1997.

situa-se entre 30 e 170 MPa, com módulo de elasticidade à flexão estática na faixa de 6 e 14 GPa, dependendo da espécie e idade das plantas, dentre outros fatores. Ainda, pelo fato de as fibras se orientarem paralelamente ao eixo do colmo, o bambu apresenta mais resistência à tração do que à compressão, com o módulo de elasticidade variando em função da posição ocupada pela amostra no colmo (SILVA, 2006).

Apesar da elevada resistência mecânica (com resistência ao escoamento à tração próxima àquela apresentada pelo aço CA-25 – 250 MPa), tais valores podem ser afetados por fatores tais como a espécie utilizada, o teor de umidade dos colmos, condições edafoclimáticas, a idade dos colmos e a época de seu corte (RIVERO, 2003), fatores esses que podem dificultar a utilização do bambu na prática. Para possibilitar sua aplicação, muitos estudos vêm sendo desenvolvidos, apontando para soluções e recomendações necessárias que visam melhorar o desempenho do material. Acredita-se que a fase da lua e a época em que é efetuado o corte do bambu possuem muita influência no teor de umidade dos colmos e na resistência ao ataque de insetos (CARDOSO JR, 2000; SARLO, 2000). No entanto, ainda não existe um consenso entre os pesquisadores sobre qual seria a melhor época do ano e a fase da lua para se obter colmos de melhor qualidade e que sejam menos suscetíveis ao ataque de fungos e insetos. Em estudo conduzido por Sarlo (2000), constata-se que estas variáveis diferem de acordo com a espécie de bambu considerada, cada qual com suas particularidades. Além disto, a idade para se efetuar o corte dos colmos é outro fator de extrema importância no desempenho físico-mecânico do bambu, assim como a destinação prevista para seu uso (RIVERO, 2003).

3.1.1 Usos e aplicações do bambu

Segundo diversos autores, as propriedades físicas e mecânicas do bambu se estabilizam a partir dos três anos de idade, sendo o colmo melhor aproveitado, nessa idade, na utilização em estruturas, em laminados colados e em pisos (ZHOU², 1991 *apud* LEE, CHEN e TAINTER, 2001; HIDALGO-LÓPEZ³, 1981 *apud* BARBOZA, BARBIRATO e SILVA, 2008). O *Dendrocalamus giganteus* Munro, também conhecido como bambu gigante ou bambu balde, apresenta considerável resistência mecânica e excelentes características físicas como

2 ZHOU, F. C. **Mechanical properties of bamboo Woods (in Chinese)**. Bamboo Research, v.10, n.1, p.45-47, 1991.

3 HIDALGO-LOPEZ, O. **Manual de construcción con bambú**. Bogotá, Estudios Técnicos Colombianos Ltda, Universidad Nacional de Colombia, 1981.

leveza, teor de fibras, flexibilidade e facilidade de trabalho (GHAVAMI e MARINHO⁴, 2001, *apud* SOUZA *et al.*, 2007). De acordo com Hidalgo-López (1974⁵, *apud* SOUZA *et al.*, 2007), o bambu como material de construção permite grande diversidade de uso em estruturas, pisos, paredes e tetos. Apresenta ainda baixa massa específica, uma forma tubular característica e geometria circular oca, com baixo custo de produção, facilidade de transporte e trabalhabilidade, o que implica em custo reduzido nas construções (SOUZA *et al.*, 2007).

Outra possibilidade de uso bastante aplicada no Japão e China é a fabricação de painéis com lâminas de bambu serradas, aplainadas e coladas (bambu laminado colado – BLC) para utilização em divisórias, forros, pisos, móveis e revestimento (RIVERO, 2003). No Brasil esta técnica, antes restrita a pesquisas em Universidades (RIVERO, 2003; POLUCHA, WATANABE e FERNANDES, 2006), vem crescendo e sendo difundida pela incorporação de tecnologia e aplicação por indústrias moveleiras, que têm como preocupação a sustentabilidade em seus produtos (Figura 1). Uma das empresas que se destacam neste ramo é a Oré Brasil, que apesar de estar situada em uma região tradicionalmente fabricante de móveis de Pinus (Campo Alegre – SC), utiliza o bambu como matéria-prima alternativa na produção dos móveis em larga escala, objetivando uma produção não predatória e mais sustentável que agregue valor ao design brasileiro (Fonte: Oré Brasil).

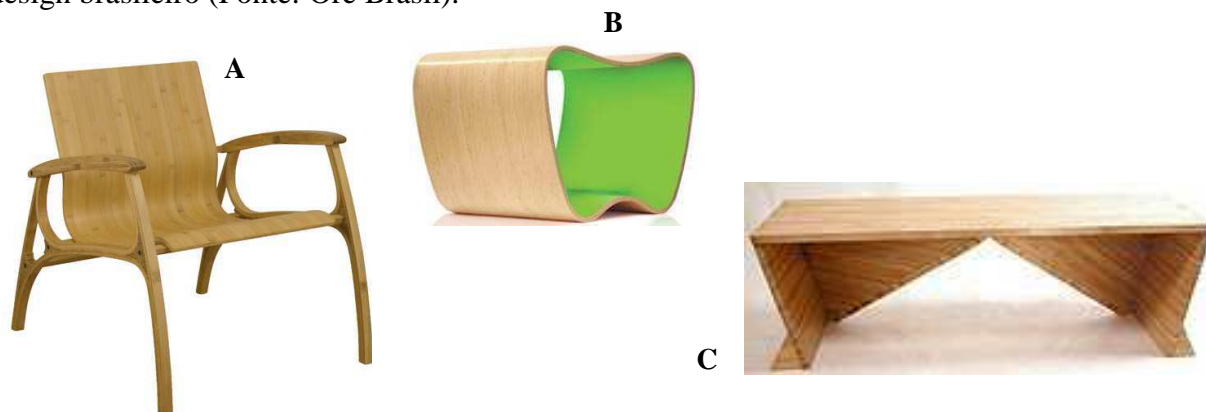


Figura 1. Móveis de bambu laminado colado produzidos no Brasil. **A.** Cadeira revestida de lâminas de bambu produzida pela Oré Brasil (Fonte: Oré Brasil). **B.** Banco “Peque”, construído inteiramente de lâminas de bambu pela Tiva Design (Fonte: Flog do Laboratório de Materiais da Universidade Feevale - RS). **C.** Banco produzido de laminado colado (Fonte: Portal da UNESP).

4 GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. **Determinação das propriedades dos bambus das espécies: *mosó*, *matake*, *Guadua angustifolia*, *Guadua tagoara* e *Dendrocalamus giganteus* para utilização na engenharia.** PUC-RJ. Departamento de Engenharia Civil, 2001.

5 HIDALGO - LÓPEZ, O. **Bambú, su cultivo y aplicaciones en: fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía.** Cali, **Estudios Técnicos Colombianos Ltda.**, 1974, 176 p.

3.1.2 Deterioração biológica do bambu

Uma das grandes preocupações acerca da utilização do bambu, no entanto, é sua alta suscetibilidade e baixa resistência natural ao ataque de organismos deterioradores (ESPELHO e BERALDO, 2008), o que diminui consideravelmente sua vida útil, que em condições naturais pode ser limitada a dois anos (RIVERO, 2003). De acordo com Espelho (2007), o teor de amido está diretamente relacionado com o grau de ataque do colmo do bambu, sendo a parte basal e a parte externa do colmo as que apresentam maior durabilidade, devido a sua estrutura anatômica (menor concentração de células parenquimáticas, onde fica depositado o amido).

No entanto, outro fator que também está fortemente associado à degradação biológica do bambu é o teor de umidade, condição essencial para o crescimento e desenvolvimento de fungos deterioradores.

3.2 Fungos deterioradores

Os fungos são organismos heterótrofos, que podem se nutrir de matéria orgânica morta (fungos saprofíticos) ou viva (fungos parasitas), preferindo geralmente degradar carboidratos simples, mas podendo também utilizar fontes mais complexas, como amido e celulose (BURTON e ENGELKIRK, 2005).

Os diversos organismos que atacam a madeira e o bambu são denominados xilófagos (xylo = madeira; phago = que se alimenta de), destacando-se dentre eles bactérias, insetos e fungos.

Os fungos que normalmente deterioram o bambu dividem-se em cinco categorias: podridão branca, podridão parda, podridão mole, manchadores e bolores (Figura 2). Os dois primeiros são responsáveis por produzir mudanças progressivas nas propriedades químicas dos componentes do bambu, como carboidratos e lignina, reduzindo o peso dos colmos e provocando a perda das propriedades mecânicas ao diminuírem os teores de hemicelulose e celulose. Possuem enzimas que se difundem muito rápido, possibilitando a degradação da parede celular mais eficientemente em relação às bactérias e aos fungos de podridão mole. Os fungos causadores da podridão parda atacam predominantemente a celulose e hemicelulose. Apesar de não ser usada como nutriente, a lignina também pode ser alterada e degradada. No caso da madeira, é possível observar em sua superfície pequenas fissuras transversais e longitudinais às fibras, formando um reticulado característico, tornando-a quebradiça devido à

redução nas dimensões principalmente da espessura da parede celular. Os fungos que causam a podridão branca atacam uniforme e progressivamente a celulose, a hemicelulose e a lignina. A madeira degradada por este tipo de fungo apresenta linhas escuras demarcando a região afetada, uma progressiva perda de peso e das propriedades mecânicas, mostrando um aspecto desfibrado característico .

De modo geral, os fungos de podridão mole causam alterações na parede das células, degradando primariamente a celulose e hemiceluloses de 5 carbonos (pentosanas) (BRAZOLIN e TOMAZELLO FILHO, 1999) e geralmente ocorrem em materiais com alto teor de umidade e nitrogênio. A degradação da lignina é mais lenta e depende da espécie de fungo e da madeira. A madeira deteriorada pelos fungos de podridão mole apresenta uma coloração mais escura, amolecimento e trincas transversais.

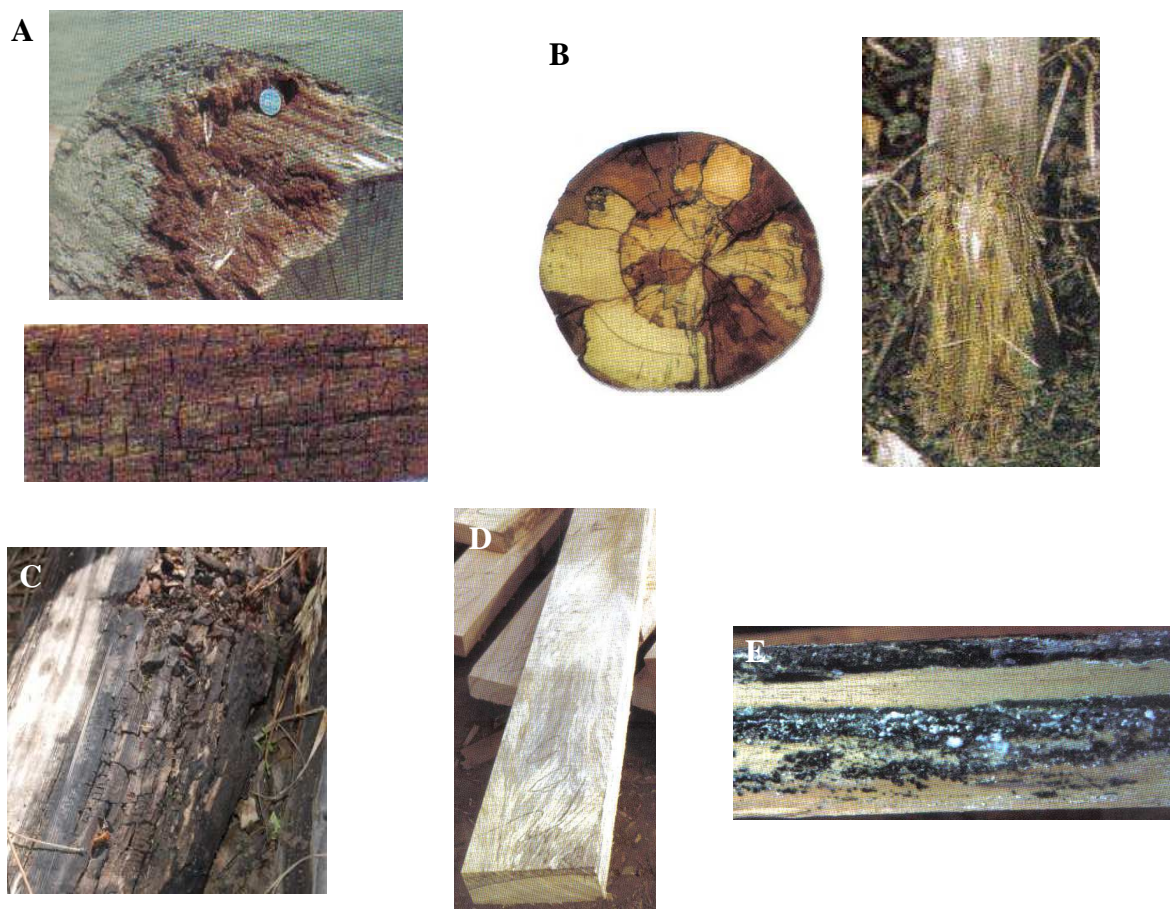


Figura 2. Categorias de fungos deterioradores da madeira e bambu. **A.** Madeiras degradadas por fungos da podridão parda. (Fonte: Alves e Mendes, 2002). **B.** Aspectos da madeira degradada por fungos da podridão branca. (Fonte: Alves e Mendes, 2002). **C.** Fungos de podridão mole. (Fonte: <<http://timberplustoolbox.workspacetraining.com.au/>>). **D.** Manchas em madeira causadas por fungos. (Fonte: Alves e Mendes, 2002). **E.** Fungos emboloradores atacando a madeira. (Fonte: Alves e Mendes, 2002).

Os fungos manchadores nutrem-se dos carboidratos de reserva e não alteram as propriedades mecânicas da madeira, porém aumentam a permeabilidade da madeira e diminuem sua resistência ao impacto. Em um estágio inicial, as madeiras apresentam nódos ou listras manchadas nas extremidades ou na superfície, normalmente nas tonalidades azul, preta, marrom ou cinza.

Os bolores, em condições de alta temperatura e umidade, podem rapidamente infectar e se propagar nos colmos dos bambus logo após o corte e durante o seu uso, devido ao rico conteúdo de amido, polissacarídeos e água presente no bambu, desenvolvendo-se em sua superfície e sendo geralmente de fácil remoção por meio de raspagem ou aplainamento. Os fungos manchadores e bolores, apesar de não comprometerem significativamente a resistência mecânica do bambu, influenciando apenas em sua durabilidade e resistência ao impacto, depreciam o valor comercial dos colmos e dos produtos derivados deste material (PINHEIRO, 2001; ALVES e MENDES, 2002; HIDALGO-LÓPEZ, 2003).

Silva *et al.* (2009), em estudos de sequenciamento e análises comparativas (macro e microscópicas) e de polimorfismo genético de isolados de fungos obtidos de amostras de bambu, realizados no Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas – CPQBA, em Paulínia, SP, identificaram três diferentes gêneros de fungos associados ao bambu: *Arthrinium*, *Acremonium-like* e *Fusarium*. Os dois primeiros são citados na literatura como sendo fungos endofíticos e o terceiro é considerado como um fungo de solo (BERNARDI e NASCIMENTO, 2005; RAMOS, 2008; RAMOS *et al.*, 2010). O gênero *Arthrinium* também está associado à atividade saprófita de diversos organismos vegetais, dentre eles vários integrantes da família Poaceae (ENCYCLOPEDIA OF LIFE, 2011).

Diversos estudos conduzidos relatam a existência de uma ampla variedade de fungos deterioradores.

No Japão, fungos pertencentes aos gêneros *Tyromyces* (podridão parda), *Irpex* e *Polyporus* (fungos da podridão branca) são considerados os mais importantes degradadores do bambu. Na Índia, são encontrados *Polyporus zonalis* Berk., *P. tenuiculus* (Beauv) Fr., *P. grammacephalus* Berk., *Lenzites elegans* (Fr.) Pat., *Trametes personii* Fr., *Gloeophyllum striatum* (Fr.), *Schizophyllum commune*, dentre outros, e na Tailândia, os gêneros *Daldinia*, *Trametes*, *Lentinus*, *Pycnoporus*, *Gloeophyllum*, *Haploporus* (podridão branca), *Fomitopsis*, *Favolus* e *Schizophyllum* (podridão parda) e *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*,

Schizophyllum, *Poria*, *Polyporus* e *Lenzites* (bolors, fungos manchadores e apodrecedores); dentre os fungos da podridão mole, destacam-se os gêneros *Xylaria* e *Chaetomium* (MOHANAN, 1997).

O grau de comprometimento causado pelo apodrecimento do bambu depende da espécie do fungo, da espécie de bambu considerada, de condições ambientais e do tipo de armazenamento ao qual o bambu está sendo submetido. Segundo Liese⁶ (1985, *apud* KLEIST, MORRIS e MURPHY, 2002), a biodeterioração e o apodrecimento dos colmos causados por fungos durante o armazenamento constituem um problema significativo, visto que cerca de 20 a 25% dos bambus estocados podem ser destruídos em apenas 12 meses. A principal via de infecção e de propagação em tecidos do colmo é descrita via lesões ou danos mecânicos, respectivamente (MOHANAN, 1997).

Além disso, para o pleno desenvolvimento dos fungos torna-se essencial que se tenha condições favoráveis de temperatura, de suprimento de oxigênio e de alimento (HIDALGO-LÓPEZ, 2003).

3.2.1 Identificação e Caracterização de Fungos Filamentosos

A identificação dos gêneros de fungos com base na análise das características morfológicas e nos critérios das chaves de classificação constitui o método clássico que, em muitos casos, pode proporcionar uma caracterização rápida e confiável (LUPATINI, MELLO e ANTONIOLLI, 2008). Outras técnicas de classificação, mais modernas, se baseiam principalmente no sequenciamento das regiões espaçadoras do ácido desoxirribonucleico ribossômico (rDNA) e na comparação com uma base de dados.

O rDNA apresenta-se como um cluster gênico, que consiste em regiões altamente conservadas do genoma separadas por regiões variáveis e aparece repetido centenas de vezes no genoma fúngico (FUNGARO, 2000; LUPATINI, MELLO e ANTONIOLLI, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2009), constituindo uma importante ferramenta utilizada para a avaliação de polimorfismo e estudos de identificação em fungos.

6 LIESE, W. **Bamboos: Biology, silvics, properties, utilization.** Eschborn: GTZ, 132 p. 1985.

A identidade de cada ser vivo é determinada pela composição e sequência de seu material genético. O uso de técnicas moleculares apresenta a vantagem de ser um processo rápido e altamente sensível (MARTIN, 2007), sendo fundamentada na análise direta ou indireta da composição ou sequência dos ácidos nucleicos para a identificação e caracterização de organismos (MARQUES *et al.*⁷, 2002 *apud* LUPATINI, MELLO e ANTONIOLLI, 2008).

Uma das técnicas bastante utilizadas na micologia é a amplificação de rDNA pela Reação de Polimerase em Cadeia (PCR), que permite a amplificação de regiões específicas do genoma, como o Espaço Interno Transcrito (ITS), localizado entre regiões altamente conservadas (Figura 3). As regiões ITS evoluem rapidamente e podem variar entre espécies dentro de um gênero ou entre populações (GONZALEZ *et al.* 1990; LEE e TAYLOR, 1992), podendo gerar um grande número de informações e determinar uma medida mais precisa das distâncias genéticas entre espécies, o que possibilita realizar uma análise das relações filogenéticas em níveis taxonômicos (LEE e TAYLOR, 1992).

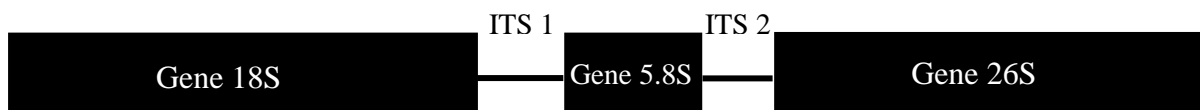


Figura 3. Estrutura do cluster gênico. Os genes 18S, 5.8S e 26S são regiões altamente conservadas do genoma, sendo separadas pelas regiões ITS. (Fonte: FUNGARO, 2000 – modificado).

O fato de as regiões ITS serem relativamente curtas (600 a 800 pares de bases) e aparecerem em grande número de cópias no genoma permite que sejam amplificadas e sequenciadas facilmente. Consequentemente, o número de sequências ITS de diferentes fungos armazenadas nos bancos de dados de sequências de nucleotídeos é grande. Isso permite a utilização do *Basic Local Alignment Search Tool* (BLAST), ferramenta que compara a sequência amplificada e sequenciada com as sequências armazenadas no banco de dados do NCBI (*National Center for Biotechnology Information*) através da busca por regiões de similaridade local entre estas, resultando na identificação do organismo com o nível de identidade conhecido (MENDES, 2008), podendo ser usado também para inferir relações funcionais e evolutivas entre as sequências (ALTSCHUL *et al.*, 1990).

7 MARQUES, E.K.; IKUTA, N.; LUNGE, V.R. & FONSECA, A.S.K. Diagnóstico molecular e biotecnologia. In: SERAFINI, L.A.; BARROS, N.M. & AZEVEDO, J.L. **Biotecnologia: Avanços na agricultura e na agroindústria**. Caxias do Sul, 2002. 433p.

Outro recurso muito utilizado para análises de sequências é o BioEdit (*Biological Sequence Alignment Editor*), software desenvolvido para edição e análises de alinhamentos múltiplos, que permite manipular e analisar sequências moleculares de DNA ou proteínas. Por reunir diversos aplicativos, o programa realiza as análises de forma mais consistente, possibilitando identificar com maior facilidade as regiões mais conservadas nos alinhamentos múltiplos das sequências obtidas pelo BLAST (BREVE, 2006). Com base nesses alinhamentos múltiplos é possível realizar uma série de análises evolutivas utilizando-se o programa MEGA (*Molecular Evolutionary Genetics Analysis*), que permite a análise filogenética dos alinhamentos e, assim, inferir sobre as relações de parentesco entre os organismos estudados.

3.3 Tratamentos Preservativos

A durabilidade natural de materiais fibrosos, tais como a madeira ou o bambu, define-se como sendo o intervalo de tempo durante o qual os mesmos permanecem inalterados, sem que tenha sido efetuado nenhum tipo de tratamento preservativo (AZZINI e BERALDO, 2001). A simples adoção de medidas adequadas, tais como a escolha da época certa (estação do ano, mês, período do dia) para efetuar o corte do colmo, o manejo da touceira e o armazenamento apropriado dos colmos garantem a obtenção de um material mais resistente ao ataque de organismos xilófagos e com maior durabilidade. Ainda assim, de acordo com Targa e Ballarin⁸ (1990, *apud* CARDOSO JR, 2000), a durabilidade natural do bambu sem tratamento é muito limitada, podendo variar de acordo com a espécie considerada, com a idade do colmo, com os teores de amido e de umidade, dentre outros. Dependendo das condições a qual é submetido, a vida útil do bambu pode variar de 6 a 24 meses (quando enterrados no solo ou expostos a condições extremamente agressivas), até 3 anos (quando em contato direto com o solo ou em ambientes externos) e até mesmo 7 anos (quando protegidos e sem contato direto com o solo). No entanto, é possível prolongar sua vida útil por meio de um correto tratamento preservativo dos colmos, havendo uma relação direta entre a durabilidade do bambu com o tipo de tratamento empregado.

8 TARGA, L. A.; BALLARIN, A., W. Características e potencialidades de uso do bambu como material de construção no meio rural. In: CONBEA – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19, 1990, Piracicaba, SP. *Anais...* SP, v.1, p.5459, jul. 1990.

Deste modo, diversos métodos de tratamentos preservativos naturais e químicos têm sido desenvolvidos e utilizados. São alguns exemplos de tratamentos naturais: maturação no local da colheita, imersão em água, banho quente-frio com água, fumigação e secagem – este último específico para o controle de fungos. Dentre os métodos químicos, tem-se: pincelamento, aspersão ou pulverização, banho quente-frio com produto químico, sob pressão, Boucherie e Boucherie modificado (substituição da seiva), imersão e outros (CARDOSO JUNIOR, 2000; ESPELHO, 2007).

Apesar de o tratamento químico ser considerado o mais eficaz no controle ao ataque dos agentes naturais de degradação do bambu, um dos inconvenientes apresentados se refere aos riscos inerentes ao meio ambiente, pois nele se utilizam de substâncias que podem ser contaminantes, necessitando de um maior cuidado em seu manuseio, na aplicação e no descarte correto dos materiais utilizados (BARBOZA, BARBIRATO e SILVA, 2008; ESPELHO e BERALDO, 2008).

As características essenciais de um bom produto preservativo são: baixa toxicidade aos humanos, plantas e animais; não ser volátil ou lixiviável; não corroer o ferro ou outros metais; não ser inflamável; não alterar as propriedades físicas e mecânicas do material; proteger contra o ataque de organismos xilófagos; manter uma alta retenção ao longo dos anos; e ser econômico (ALVES e MENDES, 2002; WILKINSON⁹, 1979 *apud* OLIVEIRA e MACEDO, 2004).

No entanto, dificilmente se encontra um preservativo que reúna todas as qualidades esperadas em relação à eficiência, custo e impacto ambiental causado, portanto, deve-se levar em consideração o material que se pretende preservar e as propriedades que serão priorizadas.

A eficiência de cada método está relacionada a uma série de fatores, como espécie de bambu considerada, época de corte, idade, comprimento, teor de umidade do colmo, tipo e concentração da solução preservativa, tipo e tempo de tratamento e pressão adotada (KUMAR e DOBRIYAL¹⁰, 1993, *apud* ESPELHO e BERALDO, 2008). Segundo Cardoso Jr. (2000), o processo de cura (secagem) é uma etapa muito importante para tornar o tratamento mais eficiente, reduzindo assim o teor de umidade e o teor de amido do material recém-cortado. Ainda, para que o tratamento seja efetuado corretamente, a solução preservativa deve penetrar

9 WILKINSON, J.G. **Industrial timber preservation**. London: Associated Business Press, 1979. 532p.

10 KUMAR, S.; DOBRIYAL, P. B. Treatability classification of hardwoods. **Wood and Fiber Science**, v.25, n.2, p.192-197. 1993.

nos vasos e difundir-se pelas células vizinhas. Contudo, considerando as particularidades anatômicas das células do bambu, a maior dificuldade encontrada é a de garantir que a solução preservativa penetre nas células parenquimáticas (nas quais o amido é armazenado), para que não ocorra uma degradação prematura do colmo (BERALDO, ESPELHO e FERREIRA, 2006). Outro inconveniente em relação ao tratamento está ligado à questão metodológica. A falta de normas que regulamentam os procedimentos de ensaios para o bambu é um fator limitante para as pesquisas relacionadas ao assunto.

Os preservativos podem ser classificados em oleosos, oleossolúveis e hidrossolúveis, de acordo com a sua solubilização em óleo ou água (ALVES e MENDES, 2002; GALVÃO, MAGALHÃES e MATTOS, 2004).

3.4 Preservativos oleosos ou oleossolúveis

Os principais preservativos para a utilização na madeira ou bambu em contato com o solo são os produtos de natureza oleosa, como o creosoto e o pentaclorofenol (atualmente de uso restrito). Quaisquer solventes orgânicos adequados podem ser utilizados para os preservativos oleossolúveis .

3.4.1 Creosoto – Bio-Óleo

“Creosoto” é um termo utilizado para designar um subproduto da destilação da hulha, amplamente utilizado na preservação de madeiras, sendo primeiramente aplicado por Reichenbach em 1932 para descrever o princípio antisséptico contido no alcatrão derivado da madeira. Apesar de o creosoto de hulha ser um tradicional preservativo para madeiras, diversas matérias-primas podem ser utilizadas para a obtenção de creosotos. Teoricamente, toda matéria vegetal quando submetida a um processo adequado de carbonização permite a recuperação do alcatrão (JANKOWSKY, 1986) e, por meio da destilação, obtém-se o creosoto.

De acordo com Wilkinson¹¹ (1979, *apud* JANKOWSKY, 1986), o creosoto vegetal é utilizado em países com deficiências no suprimento de creosoto mineral, sendo considerado um produto preservativo de pequena importância.

11 WILKINSON, J.G. **Industrial timber preservation**. London, Associated Business Press, 1979. 532p.

Em virtude do seu alto teor de fenóis, o que lhe atribui toxidez a organismos xilófagos, é considerado altamente eficaz contra o ataque de fungos e insetos, e a sua repelência à água e resistência à lixiviação (ALVES e MENDES, 2002; PAES *et al.*, 2002) evitam a contaminação de solos e lençóis freáticos, sendo um dos preservativos oleossolúveis mais importantes para o tratamento de madeiras a serem usadas em contato direto com o solo (JANKOWSKY, 1990).

3.4.2 Pentaclorofenol

O pentaclorofenol é um fenol clorado, insolúvel em água e de caráter ácido, patenteado em 1929 na Inglaterra. Apesar de ser considerado um dos preservativos mais eficientes na proteção da madeira, apresenta elevada toxicidade ao homem e aos animais, alta persistência no meio ambiente, volatilidade e solubilidade em água (JANKOWSKY, 1990). Deste modo, seu uso foi banido pela legislação vigente (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, 2006).

3.5 Preservativos hidrossolúveis

3.5.1 CCA (Arseniato de Cobre Cromatado)

Apesar de ser considerado o sal hidrossolúvel mais eficiente e mais utilizado no tratamento de madeiras desde 1930, tem sofrido sérias restrições devido ao possível risco de causar efeitos adversos ao ambiente e danos à saúde humana e às recorrentes preocupações em relação à lixiviação do arsênio e do descarte dos resíduos, razões pelas quais tem seu uso proibido em diversos países como Alemanha, França, Inglaterra e Estados Unidos (STUMPP *et al.*, 2006; BRAND, ANZALDO e MORESCHI, 2006). Por outro lado, instituições como o Conselho Americano da Ciência e da Saúde e a Agência de Proteção Ambiental (ambos dos Estados Unidos) e o Departamento de Saúde do Governo Australiano e Autoridade Neozelandeza de Gerenciamento de Risco Ambiental afirmam que as madeiras tratadas com CCA não apresentam risco à saúde, a menos que entrem em contato com alimentos, não havendo razões, portanto, para sua proibição (BRAND, ANZALDO e MORESCHI, 2006; LEPAGE, 2008). Apesar da controvérsia existente, é necessário o desenvolvimento de produtos que tratem a madeira e/ou bambu de modo mais ambientalmente seguros, para que

possam atender às exigências atuais de mercado, cada vez mais preocupados com as questões de sustentabilidade.

3.5.2 CCB (Borato de Cobre Cromatado)

O CCB é uma mistura de sulfato de cobre, ácido bórico e bicromato de potássio. Assemelha-se ao CCA, porém possui impacto ambiental e risco aos operadores mais baixos (STUMPP, 2006), ao substituir o arsênico pelo borato. Assim como o CCA, seu uso permite às peças de madeira receber, posteriormente, quaisquer tipos de acabamento (PINHEIRO, 2001). Atualmente é um dos preservativos mais utilizados para o tratamento químico de colmos de bambu. No entanto, tem em sua composição metais pesados como o cobre e cromo, que podem acumular no organismo e oferecer riscos à saúde.

3.5.3 ABB (Ácido bórico e bórax)

O ABB é uma combinação do ácido bórico com bórax (um sal à base de boro e sódio), que visa minimizar a degradação ambiental por não utilizar metais pesados em sua composição (ESPELHO e BERALDO, 2008). Apesar de não ser registrado para uso comercial no Brasil, também vem sendo bastante empregado no tratamento químico de colmos de bambu, porém a principal desvantagem dos preservativos à base de borato de sódio, segundo Brand, Anzaldo e Moreschi (2006), é sua baixa retenção, possuindo baixa fixação à madeira.

3.5.4 Ácido Pirolenhoso

A produção de carvão vegetal é uma prática muito antiga no Brasil, porém, na maioria das empresas, destina-se apenas à obtenção do carvão comercial, sem aproveitamento dos demais subprodutos (ZANETTI *et al.*, 2003), os quais são desprezados durante o processo de fabricação do carvão e acabam sendo liberados no meio ambiente, gerando desperdício e poluição (SOUZA-SILVA *et al.*, 2005; PORTO, SAKITA e NAKAOKA SAKITA, 2007). A partir da recuperação e condensação dos gases voláteis originados da fabricação do carvão vegetal, obtém-se o ácido pirolenhoso, também conhecido como extrato pirolenhoso ou vinagre de madeira (PORTO, SAKITA e NAKAOKA SAKITA, 2007; ALVES *et al.*, 2007), um produto considerado promissor para utilização na agricultura (ZANETTI *et al.*, 2003).

Segundo Miyasaka *et al.*¹² (2001, *apud* ALVES *et al.*, 2007), o extrato pirolenhoso bruto, para utilização na agricultura, deve ser purificado para eliminar o alcatrão, que é solúvel logo após a obtenção do produto, podendo ser realizado artesanalmente, por meio da decantação, ficando o produto em repouso por um tempo superior a 100 dias. Este repouso promove a separação do produto em três fases: a fase superior, que contém óleos leves; a inferior, composta pelo alcatrão que se precipita durante o período de repouso; e a fase central, que é o extrato pirolenhoso, apropriado para ser usado na agricultura depois de efetuadas as diluições indicadas para cada caso.

Após a decantação, o extrato pirolenhoso é composto de 80 a 90% de água e 10 a 20% de compostos orgânicos, como ácido acético, alcoóis, cetonas, fenóis e alguns derivados de lignina. Em diluições de 300 a 600 vezes, apresenta-se promissor no controle de pragas e de doenças, podendo ser aplicado isoladamente ou misturado com outros extratos de plantas (MAEKAWA¹³, 2002, *apud* ALVES *et al.*, 2007).

3.6 Ensaio com ultrassom

Normalmente ensaios de compressão, de tração e de flexão estática são utilizados para avaliar o desempenho dos materiais. No entanto, uma outra importante gama de ensaios envolve aqueles denominados de não destrutivos, os quais permitem avaliar um material sem que lhe seja causada uma modificação significativa de suas características. Dentre eles, destaca-se o ensaio por ultrassom.

Os ensaios realizados com ultrassom consistem na técnica de mensurar a velocidade do pulso ultrassônico (VPU), e tem sido amplamente utilizados na avaliação da qualidade final de diversos produtos (SANTOS NETO e CASTRO, 2004). Além disso, esse ensaio permite estimar, em um curto intervalo de tempo, o efeito da degradação biológica sofrida por um material (FERRARI e PADARATZ, 2003; ESPELHO e BERALDO, 2008).

A técnica consiste em medir o tempo que uma onda ultrassônica necessita para passar de um ponto a outro de um sólido. A velocidade do pulso ultrassônico (VPU) é então expressa

12 MIYASAKA, S.; OHKAWARA, T.; NAGAI, K.; YAZAKI, H.; NAKAOKA SAKITA, M. Técnicas de produção e uso do fino de carvão e licor pirolenhoso. In: ENCONTRO DE PROCESSOS DE PROTEÇÃO DE PLANTAS, 1., 2001, Botucatu. **Controle ecológico de pragas e doenças: resumo...** Botucatu: APAN, 2001. p.161-176.

13 MAEKAWA, K. Curso sobre produção de carvão, extrato pirolenhoso e seu uso na agricultura. Botucatu: APAN, 2002. Mimeografado.

pela relação entre a distância geométrica dos dois pontos (L) e o tempo (T) medido para que a onda possa percorrê-la (SANTOS NETO e CASTRO, 2004).

Diversos são os fatores que podem influenciar os resultados obtidos. Ao se analisar materiais lignocelulósicos como a madeira e o bambu, a direção anatômica considerada (longitudinal, radial ou tangencial) e a presença de defeitos, como falhas naturais ou devidas ao ataque por agentes biológicos podem alterar a velocidade do pulso ultrassônico (VPU). Sendo assim, torna-se possível, com o auxílio desta técnica, detectar as modificações causadas pelo ataque do caruncho ao bambu. Porém, no caso de degradação por fungos essa detecção se torna mais difícil, já que a umidade também é um fator que influencia os resultados e ambos os efeitos podem ser relativamente mascarados. De um modo geral, dependendo das características dos sensores eletroacústicos utilizados e das características da peça de bambu (geometria e nível de degradação biológica) pode-se esperar que ocorra uma diminuição da VPU, caso ocorra um ataque severo dos colmos (ESPELHO, 2007).

3.7 Ensaio de flexão estática

Este ensaio é realizado para determinar o módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE) de um determinado material. Consiste, basicamente, em aplicar uma carga a um corpo-de-prova para causar tensões e deformações mensuráveis até ocorrer sua ruptura (BERNDSEN, 2008; LAPO e BERALDO, 2008).

No caso da utilização deste ensaio para o estudo do bambu, algumas particularidades devem ser consideradas para possibilitar uma correta comparação dos resultados obtidos, tais como a distância entre dois nós consecutivos, ou o número de nós existentes na região do colmo situada entre os apoios, além da posição da camada externa (casca do bambu) durante o ensaio de flexão. No presente trabalho, por serem utilizadas taliscas já usinadas em fábrica (portanto, sem a região da casca), um cuidado maior foi tomado, de forma que a região da talisca que provavelmente fosse a mais próxima da casca ficasse em contato com o cutelo da máquina de ensaio.

4. MATERIAL E METODOLOGIA

4.1 Corte dos colmos para ensaios de simulação de exposição

A coleta dos colmos para ensaios de simulação de exposição se realizou no próprio campus da Unicamp, no Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI. Utilizou-se a espécie *Dendrocalamus giganteus* Munro (bambu gigante), cortada com o auxílio de uma moto-serra, facão e serra-de-mão. Após a secagem na moita, os colmos obtidos foram encaminhados ao galpão do Campo Experimental da FEAGRI, para serem cortados em taliscas.

4.2 Ensaio de simulação de exposição

Para o isolamento e posterior identificação dos gêneros e espécies de fungos deterioradores de bambu, foi realizado um ensaio para simular a exposição do material ao ataque dos microrganismos. As taliscas obtidas dos colmos do Campo Experimental da FEAGRI foram divididas em dois grupos. No primeiro deles, foram secas em estufa; no outro, as taliscas foram colocadas diretamente no solo, sem passar pelo processo de secagem, para verificação e análise da ocorrência de fungos deterioradores em colmos verdes.

4.3 Confeção de corpos-de-prova para ensaio de simulação de exposição

Foram preparados corpos-de-prova com dimensões aproximadas de 15 cm x 3,0 cm x 1,0 cm, os quais foram submetidos ao ensaio que simulou a exposição ao ataque de colônias de diversas espécies de fungos presentes no solo úmido do tipo latossolo vermelho distroférico típico¹⁴, de textura argilosa, existente na região de Barão Geraldo – SP e caracterizado por Oliveira, Menk e Rotta (1979). Os corpos-de-prova foram expostos durante o período de dois a quatro meses no Campo Experimental da FEAGRI das seguintes maneiras: enterrados horizontalmente, semi-enterrados perpendicularmente e deixados horizontalmente sobre o solo.

4.4 Análise de microscopia eletrônica de varredura

Após o ensaio de simulação de exposição, realizou-se uma análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV) dos corpos-de-prova para a verificação e confirmação da

14 Nova nomenclatura de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, publicada pela EMBRAPA (1999).

ocorrência de fungos filamentosos no bambu. Para isso, foi realizado um treinamento prévio no Laboratório Nacional de Luz Síncroton (LNLS), Campinas/SP, para aquisição e domínio das técnicas de uso do Microscópio Eletrônico de Varredura JSM 5900 LV, no qual se realizou uma análise preliminar de amostras de bambus que foram expostos durante meses às intempéries e em contato direto com o solo (Figura 4).

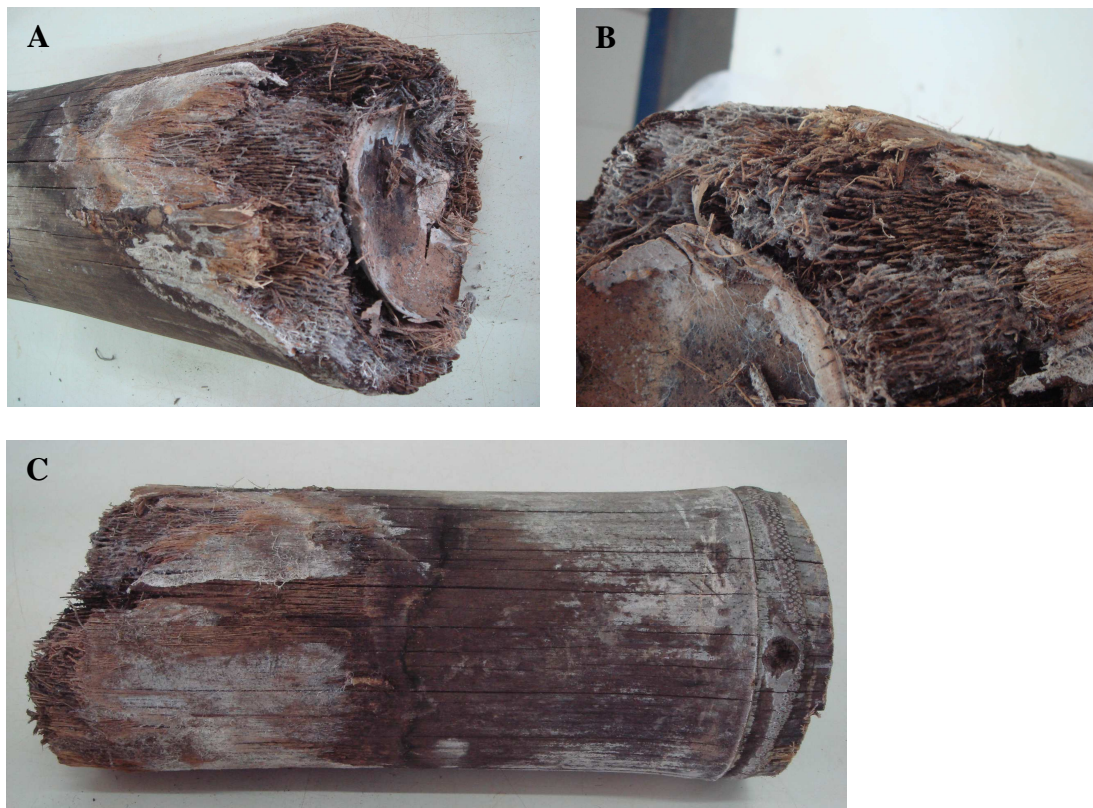


Figura 4. A, B, C. Associação de fungos em colmos de *D. giganteus* expostos durante meses às intempéries em contato direto com o solo.

4.5 Isolamento de colônias de fungos

Após a exposição, foram realizados o isolamento e identificação molecular dos fungos encontrados nas taliscas (Figuras 5 e 6) no Laboratório de Certificação de Alimentos do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - USP (CENA), localizado na cidade de Piracicaba, SP. Os resíduos de solo foram removidos com água destilada esterilizada a fim de isolar eventuais fungos presentes no mesmo. As taliscas foram colocadas em solução salina (Figura 7) e agitadas em vórtex Biomixer por 10 s para crescimento e manutenção das colônias. Depois de agitada, a solução salina contendo as colônias foi diluída (10^2 e 10^3) e inoculada, em triplicatas, em placas de Petri contendo meio de cultura específico para o crescimento destes

microrganismos, BDA (Batata Dextrose Agar), acrescido de antibiótico. As placas foram mantidas em estufa a 37°C e após 24 h, 48 h e 72 h realizou-se a contagem das colônias. As colônias obtidas foram isoladas de acordo com as características morfológicas (coloração, textura) e inoculadas em meio líquido BDA para crescimento (Figura 8) e posterior extração de DNA para realização de análises moleculares e sequenciamento.



Figura 5. Taliscas de bambu submetidas ao ensaio de simulação de exposição.



Figura 6. Detalhe dos diferentes tipos de fungos obtidos dos corpos-de-prova submetidos ao ensaio de simulação de exposição.



Figura 7. Amostras das taliscas em solução salina para crescimento e manutenção das colônias de fungos.



Figura 8. Colônias de fungos crescidas em meio líquido BDA.

4.6 Identificação dos gêneros e espécies de fungos

O DNA dos fungos foi extraído de acordo com o protocolo de extração de DNA de leveduras (BARTLETT e STILRLING, 2003) adaptado (ANEXO 1), no qual os fungos filamentosos foram previamente macerados em nitrogênio líquido. Após a extração, obteve-se a quantificação (concentração de DNA – ng DNA/ μ L) e pureza do material genético através de um espectrofotômetro modelo NanoDrop, ND-1000 (Tecnologias de NanoDrop) no comprimento de onda 260/280.

Para as reações de cadeia polimerase (PCR), amplificaram-se as regiões ITS1, 5,8S e ITS2 do DNA ribossomal, com solução de amplificação com volume final de 25 μ L, contendo: 1,0 μ L de DNA (amostras com menos de 100 ngDNA/ μ L) ou 2,0 μ L de DNA (amostras com pouco DNA); 0,75 mM $MgCl_2$, 0,5 mM de dNTP; 1 mM de cada primer e 0,25 μ L de Platinum® Taq Polimerase 5 U/ μ L (Invitrogen). Foram utilizados os primers ITS-1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') e ITS-4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'), os quais anelam em posições específicas do 18S e 26S do rDNA e amplificam as regiões variáveis ITS 1 e ITS 2 e a região 5.8 S.

Para a amplificação, utilizou-se um termociclador (GeneAmp PCR System 9700, Applied Biosystems), nas seguintes condições: 94 °C por 5 min, seguidos de 35 ciclos de 94 °C por 1 min, 55 °C por 30 s e 72 °C por 45 s e uma extensão final de 72 °C por 10 min. O fragmento amplificado foi observado por eletroforese em gel de agarose 1,5% com tampão TSB 0,5 X, corado com 2 μ L de gel RED (Figura 9). Utilizou-se como padrão molecular 2 μ L do marcador *Low mass* 47 DNA Ladder (Invitrogen Technology).

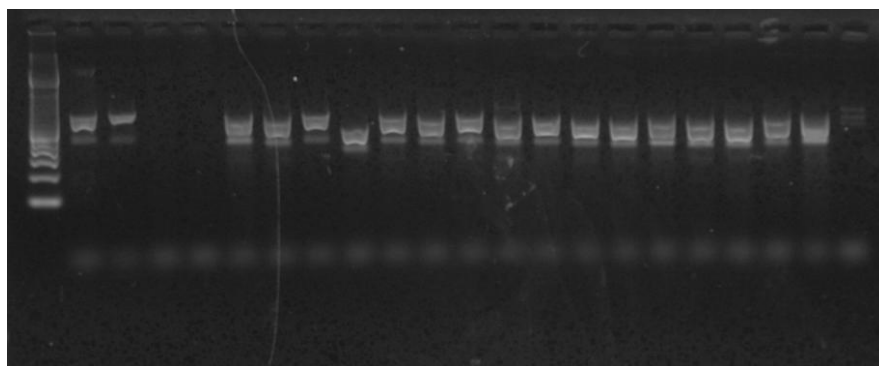


Figura 9. Eletroforese em gel de agarose 1,5% de DNA de isolados de fungos obtidos de amostras de bambu amplificadas por PCR utilizando os primers ITS-1 e ITS-4.

Posteriormente, purificou-se o produto com o Kit GFX™ PCR DNA e Gel de Purificação de Banda (GE Healthcare), de acordo com instruções do fabricante e sequenciado em um sequenciador automático ABI PRISM 3100 Genetic Analyzer (Applied Biosystems).

Para a construção da sequência consenso foi utilizado o programa Bionumerics. As sequências obtidas foram então comparadas com sequências já descritas no *GenBank* do *National Center for Biotechnology Information (NCBI)* utilizando o programa *Basic Local Alignment Search Tool (BLAST)* (Figura 10) (ALTSCHUL *et al.*, 1990), uma ferramenta utilizada para encontrar e comparar regiões similares entre sequências de nucleotídeos ou de proteínas por meio do alinhamento com sequências já existentes no banco de dados.

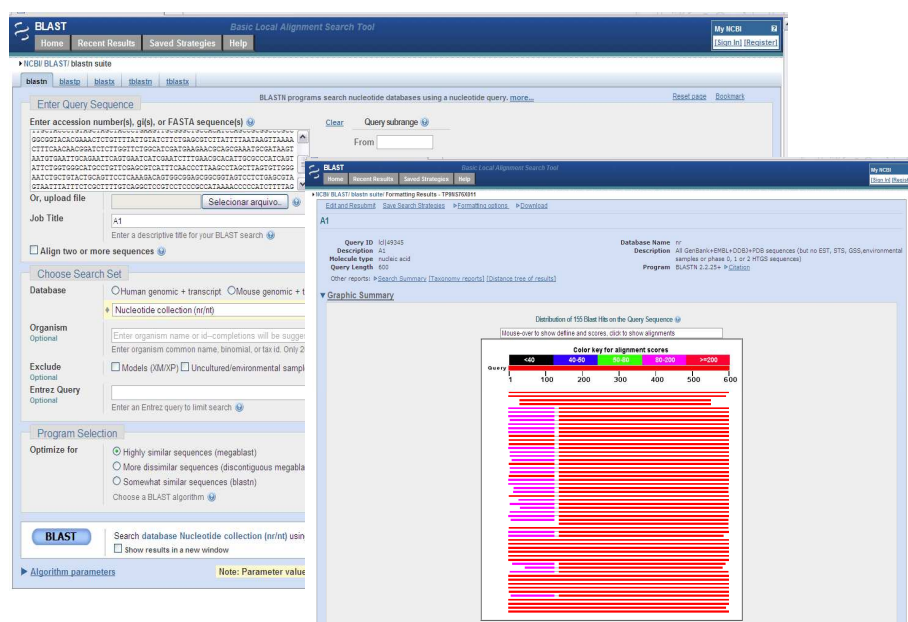


Figura 10. BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*) .

Por meio do programa BLAST obteve-se uma ampla diversidade de organismos que possuem alta similaridade com as amostras de fungos isoladas do bambu.

Para refinar esses dados e obter uma identificação mais precisa dos organismos estudados, utilizou-se também o software BioEdit (*Biological Sequence Alignment Editor*) versão 7.0.5 (HALL, 2005) (Figura 11) para realizar o alinhamento múltiplo das sequências obtidas, que foram editadas no sentido de eliminar as regiões do primer e, assim, assegurar a análise somente da região de interesse (ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA).



Figura 11. Alinhamento e análise das sequências obtidas por meio do BLAST e das amostras de fungos isoladas do bambu. BioEdit versão 7.0.5.

Após o alinhamento e edição das sequências utilizou-se o programa MEGA versão 4.1 (TAMURA *et al.*, 2007) para inferir as árvores filogenéticas de cada organismo com suas sequências similares por meio do método de Neighbor-Joining (NJ), com teste *bootstrap* de 10000 réplicas.

4.7 Tratamento com ácido pirolenhoso

As taliscas de bambu gigante (*D. giganteus*) foram fornecidas pela empresa Oré Brasil, que adquire os colmos de diferentes produtores, sendo estes armazenados em local seco e protegido de insetos. A partir dos colmos são produzidas as taliscas, que são transformadas em bambu laminado com dimensões aproximadas de 15 cm x 2,0 cm x 0,6 cm.

O ácido pirolenhoso (Figura12), também fornecido pela empresa, foi adquirido de um produtor de carvão vegetal da região de Santa Catarina em seu estado bruto e estocado por no mínimo seis meses para possibilitar a separação do alcatrão por decantação. Para a produção do carvão, o produtor se utiliza de diversas espécies não especificadas de madeiras da região.

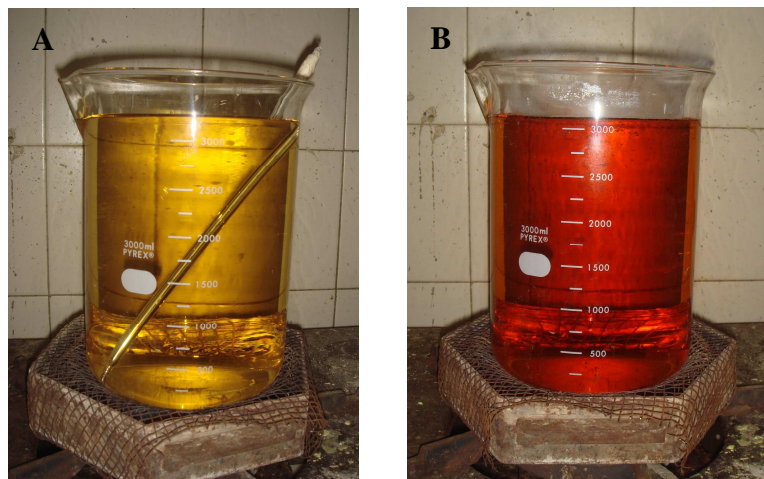


Figura 12. Ácido pirolenhoso nas concentrações 5% (A) e 20% (B).

A partir dos valores das variáveis (diluição, tempo e temperatura) utilizadas no processo de tratamento de taliscas de bambu na Oré Brasil (ANEXO 2), foram testadas diferentes faixas de variação para cada uma delas, a fim de determinar as condições ideais que otimizassem o tratamento, efetuado pelo método de imersão (Figura 13).

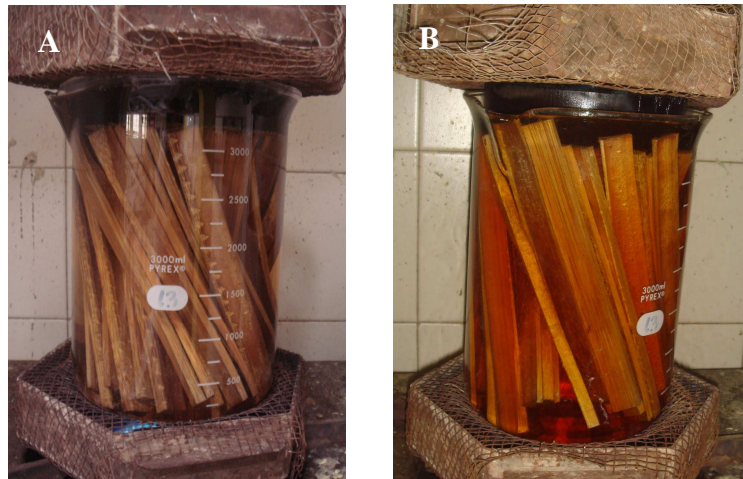


Figura 13. Corpos-de-prova submetidos ao tratamento com ácido pirolenhoso pelo método de imersão, em tempos e concentrações diferentes. Em A, concentração 5% e B, 20%.

As variáveis utilizadas foram:

Diluições – testemunhas (T); 0% (O); 5% (A); 10% (B); 20% (C); 30% (D);

Tempo – 15 min; 45 min; 90 min; 180 min;

Foram utilizadas 10 amostras para cada grupo de tratamento e adotou-se a temperatura de ebulição para cada diluição.

Tabela 1. Variáveis e quantidade de corpos-de-prova utilizados no tratamento.

Amostra	Tempo de Imersão			
	15 min	45 min	90 min	180 min
Testemunha (T)				
0% (O)	O 15	O 45	O 90	O 180
5% (A)	A 15	A 45	A 90	A 180
10% (B)	B 15	B 45	B 90	B 180
20% (C)	C 15	C 45	C 90	C 180
30% (D)	D 15	D 45	D 90	D 180

Após o tratamento, os corpos-de-prova foram secos em estufa por um período de 24 h a 103 °C, após o qual foram pesados, medidos e submetidos ao ensaio de ultrassom, sendo então acondicionados ao ensaio acelerado de laboratório.

4.8 Ensaio acelerado de laboratório

Este ensaio foi realizado baseando-se no método IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) nº 1157 – parte D5 (1980), que visa determinar a eficiência de preservativos de madeiras contra fungos de podridão mole, e na metodologia adotada por Machek *et al.* (2004). As dimensões dos corpos-de-prova de 15 cm x 2,0 cm x 0,6 cm foram adotadas, a fim de possibilitar a aplicação do posterior ensaio não destrutivo por ultrassom.

Os corpos-de-prova foram acondicionados em contêineres de plástico de dimensões 24,5 cm x 29 cm x 40,5 cm contendo solo de substrato (latossolo vermelho distroférico típico, de textura argilosa) com umidade ajustada para 80% da capacidade de retenção de água. Os

corpos-de-prova foram dispostos no solo verticalmente, com aproximadamente 2 cm de comprimento acima da superfície do solo (MACHEK *et al.*, 2004).

Para cada concentração, foram utilizados 10 corpos-de-prova, sendo seis soterrados no solo natural e os quatro restantes esterilizados em autoclave e soterrados em solo estéril para controle. Após um período de seis semanas realizou-se uma inspeção visual e efetuou-se a avaliação parcial de perda de massa e por ultrassom dos corpos-de-prova, os quais foram novamente acondicionados nas câmaras por mais dez semanas (total de dezesseis semanas). Assim, realizou-se novamente a pesagem das amostras e efetuaram-se os ensaios não destrutivos e destrutivos (flexão estática), seguidos da avaliação dos resultados. Foram considerados como evidência de ataque por fungos perdas de massa iguais ou superiores a 3% (IPT, 1980).

4.9 Ultrassom

Para analisar a eficiência do tratamento com ácido pirolenhoso, as taliscas foram submetidas ao ensaio não destrutivo por ultrassom, realizado no Laboratório de Ensaos Não Destrutivos (LabEND) da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, seguindo metodologia adotada por Espelho e Beraldo (2008) para avaliar as propriedades físico-mecânicas de bambus tratados.

O ensaio foi realizado antes e após o tratamento preservativo. Os valores de velocidade do pulso ultrassônico (VPU) na direção longitudinal foram calculados medindo-se o tempo de propagação, (obtido em microssegundos) com auxílio do equipamento de ultrassom Steinkamp BP-7, dispondo de transdutores de seção exponencial de 45 kHz de frequência de ressonância. Os sensores eletro-acústicos foram posicionados no centro geométrico da seção transversal das taliscas. A partir dos valores de velocidade obtidos foi possível calcular o valor do módulo dinâmico (E_d) por meio da equação 1.

$$E_d = (\rho \cdot V^2) \cdot 10^{-9} \quad (1)$$

Onde:

E_d = módulo de elasticidade dinâmico (GPa)

ρ = densidade da madeira (kg/m^3)

V = velocidade de propagação da onda ultra-sônica (m/s).

4.10 Ensaio de flexão estática

O ensaio foi realizado no Laboratório de Ensaaios Destrutivos da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP e teve como objetivo determinar a resistência máxima dos corpos-de-prova à flexão estática. Utilizou-se a máquina universal de ensaios mecânicos (EMIC), com capacidade de 30 toneladas (figura14). Os corpos-de-prova foram posicionados com a camada exterior (mais próxima da casca) voltada para a parte superior, em contato com o cutelo de aplicação da carga (Figura 15).



Figura 14. Equipamento utilizado para realização do ensaio de flexão estática.

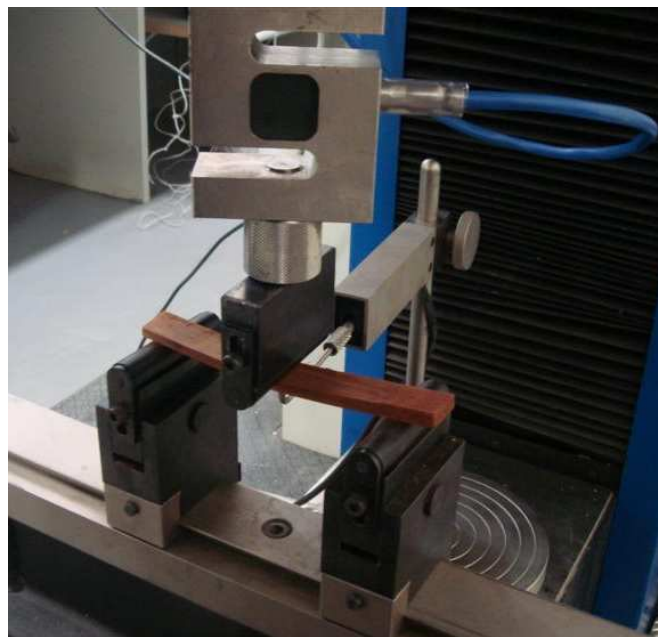


Figura 15. Corpo-de-prova sendo submetido ao ensaio de flexão estática.

A velocidade de deslocamento do cabeçote foi constante (2 mm/min) e adotou-se um vão livre de 120 mm. O módulo de elasticidade foi obtido por meio da equação 2. Pelo ensaio obteve-se um diagrama de carga (P, em N) versus deformação (f, em mm) e, com o auxílio de uma planilha Excel, efetuou-se uma regressão simples para obter a inclinação do trecho de linearidade ($\Delta P/\Delta f$) (Figura 16). O módulo de resistência (MOR) foi obtido por meio da equação 3.

$$Em_0 = \frac{PL^3}{4fbh^3} \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

Onde:

E_{m0} = módulo de elasticidade à flexão (GPa);

P = carga (N);

f = flecha (mm); b = base (mm); h = espessura (mm); l = vão livre (mm).

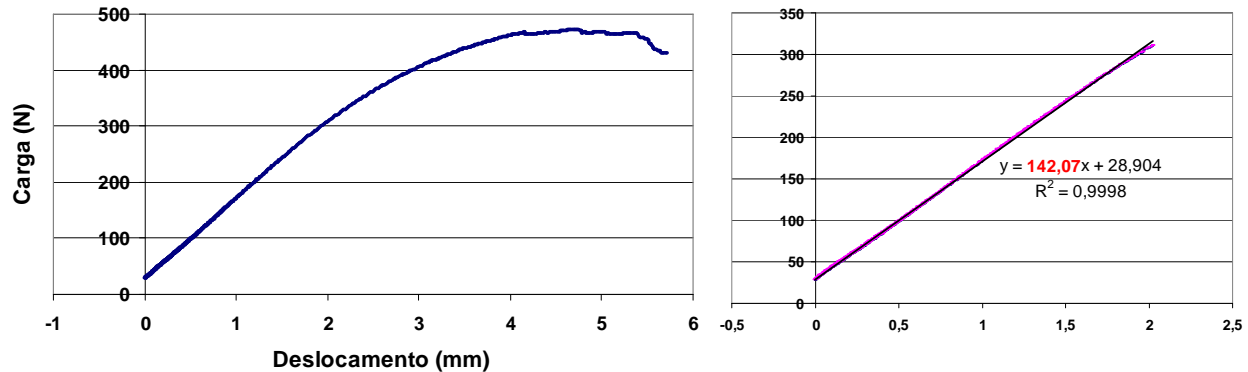


Figura 16. A. Diagrama da carga versus deslocamento. B. Inclinação adotada para determinação do trecho de linearidade ($\Delta P/\Delta f$).

$$MOR = \frac{3Pl}{2bh^2} \quad (3)$$

Onde:

MOR = módulo de resistência (MPa)

P = carga (N); b = base (mm); h = espessura (mm); l = vão livre (mm)

4.11 Microscopia óptica

Parte das taliscas não utilizadas no ensaio de apodrecimento foi submetida à observação em microscópio óptico com aumento de 100x para verificação da anatomia do bambu e para observação de possíveis alterações nesta (principalmente na coloração) devido à presença do produto preservativo. A análise foi realizada no Departamento de Arquitetura e Construção (DAC) da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP.

4.12 Análise Estatística

A análise estatística foi realizada com o auxílio do software STATGRAPHICS Centurion XVI e foi aplicada aos resultados obtidos nos ensaios de ultrassom e flexão estática. A análise de variância foi realizada por meio do multifator ANOVA; as médias foram comparadas pelo teste de Tukey HSD (Honestly Significantly Different) ao nível de confiança de 95%.

4.13 Cálculo do teor de umidade das amostras

Considerando que o teor de umidade afeta de modo significativo os valores da VPU e do módulo dinâmico (E_d), fez-se necessário determinar o teor de umidade dos corpos-de-prova e corrigir os valores da velocidade quando estes apresentavam umidade inferior a 30% (condição saturada).

Os corpos-de-prova tiveram seu teor de umidade calculado para os três períodos aos quais foram submetidos ao ensaio acelerado de laboratório (0 semanas, 6 semanas e 16 semanas) a partir dos valores de sua massa anidra (secos em estufa a 103 °C por 24 h) (Anexo 3). Por meio da equação 4 (ABNT/NBR 15521, 2007), os valores de velocidade obtidos foram corrigidos para a condição saturada (30%) (Anexo 4).

$$V_{LLsat} = -1745 + V_{LL} + 16 \times U + \rho_{ap} \quad (4)$$

Onde:

V_{LLsat} = valor numérico da velocidade na peça saturada, com teor de umidade maior que 30%, em metros por segundo (m/s);

V_{LL} = valor numérico da velocidade na peça com teor de umidade entre 12% e 30%, em metros por segundo (m/s);

U = valor numérico do teor de umidade da talisca, em porcentagem (%);

ρ_{ap} = valor numérico da densidade aparente da talisca na umidade U % em quilogramas por metro cúbico (kg/m^3).

A equação apresentada na norma ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) é recomendada para valores de velocidade de corpos-de-prova com teor de umidade entre 12% e 30%. No entanto, com o intuito de se estabelecer um valor constante equivalente à condição saturada, todas as velocidades (inclusive nas peças com teor de umidade abaixo de 12%) foram corrigidas por meio desta equação. Apesar de ser estabelecida para madeiras, optou-se pelo uso desta norma pelo fato de não existirem normas específicas para o bambu, sendo a madeira o material que mais se assemelha ao bambu com relação às características e propriedades do material.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise em microscopia eletrônica de varredura

As imagens em microscopia eletrônica de varredura (Figuras 17 e 18), obtidas de amostras de bambu não tratadas submetidas ao ensaio de simulação de exposição, mostram as hifas de fungos em meio ao bambu, mas não nos permite concluir se há uma atividade deterioradora ou apenas colonização.

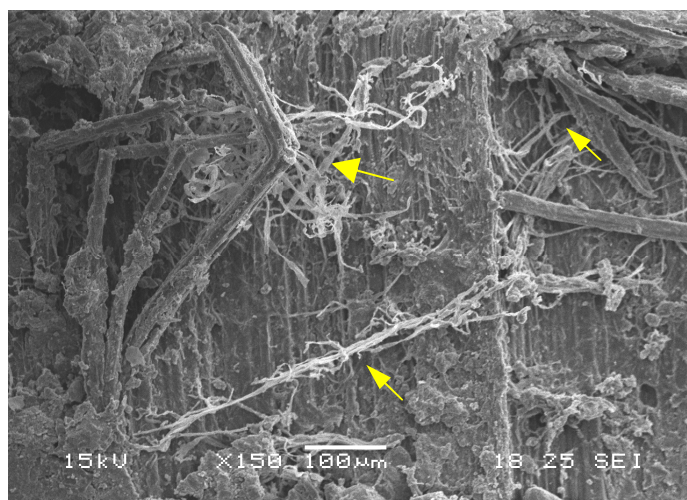


Figura 17. Corte longitudinal do colmo de *D. giganteus* colonizado por fungos. As setas indicam as hifas em meio aos elementos anatômicos do bambu. Aumento de 150x.

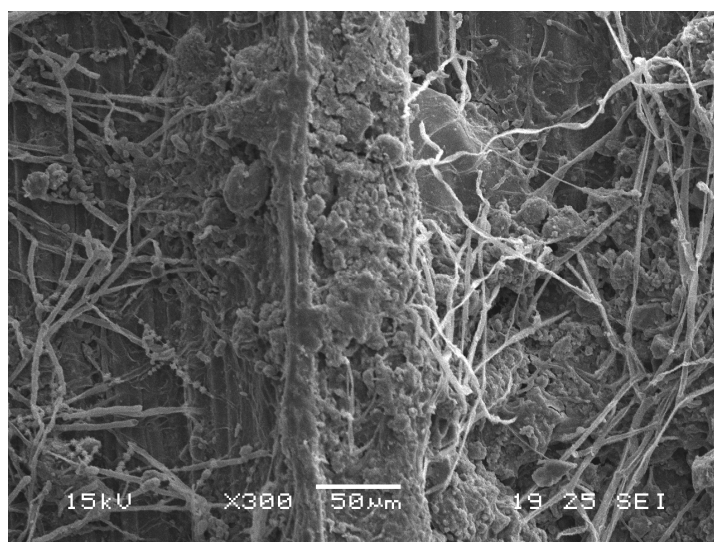


Figura 18. Detalhe das hifas em meio ao bambu. Aumento de 300x.

5.2 Isolamento e identificação dos gêneros e espécies de fungos

A partir das amostras de bambu submetidas ao ensaio de simulação de exposição foram obtidos 89 isolados de fungos, que foram inicialmente separados em grupos de acordo com a morfologia e coloração apresentadas pelas colônias (Figura 19), a fim de facilitar sua posterior identificação.

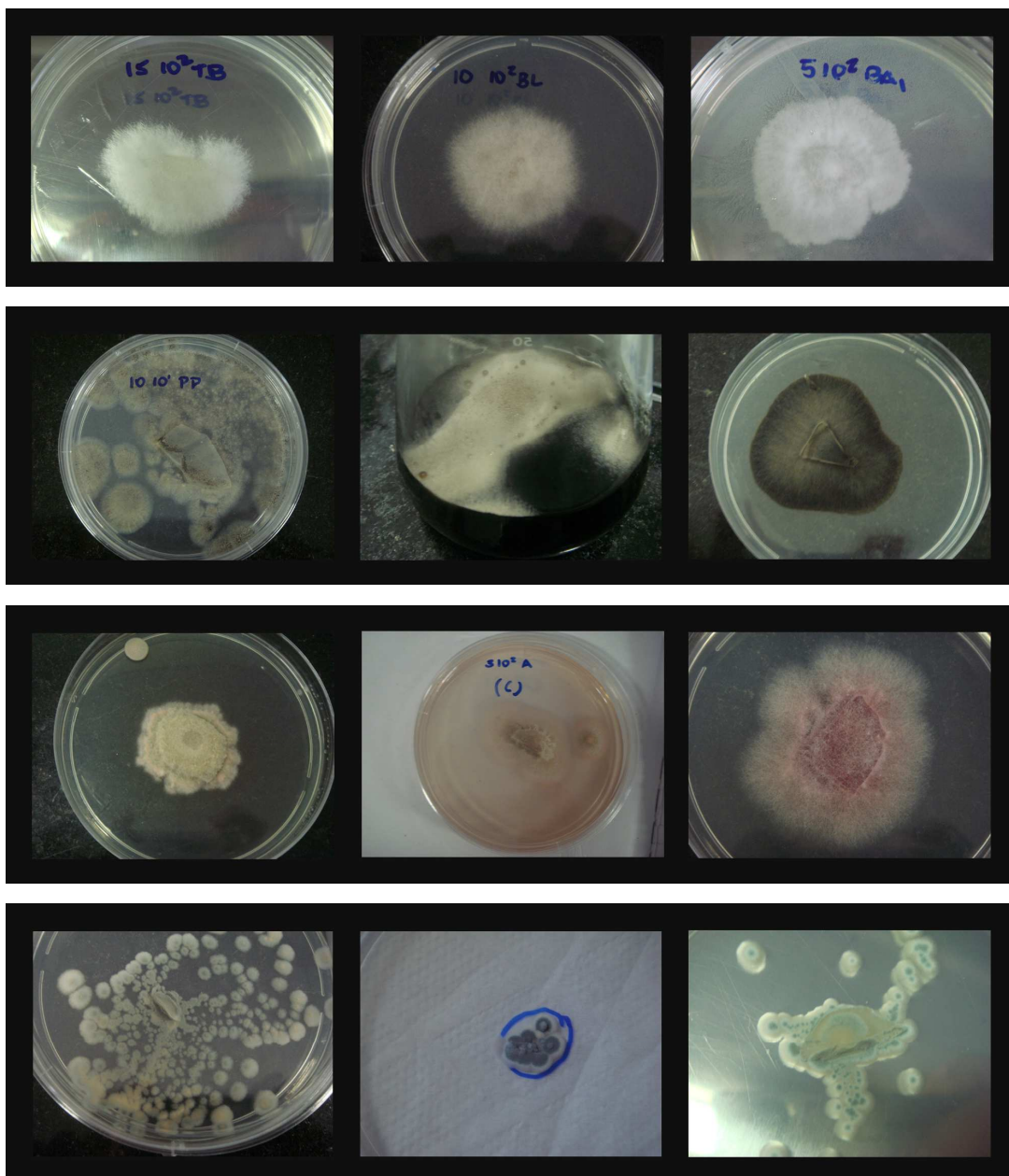


Figura 19. Exemplos das morfologias e colorações das colônias dos diversos fungos isolados dos corpos-de-prova.

Das 89 amostras dos isolados de fungos submetidos ao programa *Bionumerics*, foi possível obter 52 sequências, devido à baixa qualidade apresentada por muitas amostras (sequências curtas ou presença de *gaps*). Destas, 31 puderam ser analisadas por meio de comparação com a base de dados do NCBI (National Center for Biotechnology Information), onde se encontrou uma diversidade de gêneros e espécies de fungos (Tabela 2) relacionada com as amostras obtidas. As sequências do banco de dados e das amostras foram alinhadas e editadas pelo programa BioEdit afim de refinar tais resultados e agrupar os indivíduos de acordo com suas sequências de nucleotídeos.

Tabela 2. Lista dos gêneros e espécies encontrados no NCBI com possível correlação com as sequências das amostras de fungos isoladas do bambu.

Ordem	Família	Gêneros/espécies	Números de acesso NCBI
**	**	<i>Dokmaia sp</i>	HQ631012.1
		<i>Dokmaia monthadangii</i>	DQ780454.1
**	<i>Apiosporaceae</i> ^{1,2}	<i>Arthrinium euphorbiae</i>	AB220241.1
		<i>Arthrinium sacchari</i>	HQ914941.1/HQ115646.1
		<i>Arthrinium phaeospermum</i>	EU821332.1/GU266274.1/ GQ266147.1
		<i>Arthrinium aureum</i>	AB220251.1/AB220246.1
		<i>Arthrinium serenense</i>	AB220244.1/AB220250.1
		<i>Arthrinium saccharicola</i>	AB220238.1
		<i>Arthrinium hispanicum</i>	AB220242.1
		<i>Arthrinium marii</i>	AB220282.1
		<i>Arthrinium mediterranei</i>	AB220243.1
		<i>Apiospora montagnei</i> */ <i>Arthrinium arundinis</i>	AB220278.1/GU566268.1
**	<i>Glomerellaceae</i> ^{1,2}	<i>Colletotrichum sp.</i>	HQ130710.1
		<i>Glomerella tucumanensis</i>	HQ833663.1
		<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	EU732733.1

**	<i>Parodiopsidaceae</i> ^{1,2}	<i>Perisporiopsis sp</i>	HM031459.1
<i>Agaricales</i> ²	<i>Agaricaceae</i> ^{1,2}	<i>Lepiota konradii</i>	EU520248.1
	<i>Strophariaceae</i> ^{1,2}	<i>Hypholoma appendiculatum</i>	FJ478091.1
	<i>Tricholomataceae</i> ^{1,2}	<i>Mycena pura</i>	EU520224.1
<i>Calosphaeriales</i> ²	<i>Calosphaeriaceae</i> ¹	<i>Phaeoacremonium tuscanum</i>	EU863522.1
<i>Capnodiales</i> ²	<i>Davidiellaceae</i> ^{1,2}	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	HQ832794.1
		<i>Cladosporium delicatulum</i>	HM148089.1
		<i>Cladosporium subuliforme</i>	HM148196.1
		<i>Cladosporium cucumerinum</i>	HM148078.1
		<i>Cladosporium pseudocladosporioides</i>	HM148192.1
		<i>Cladosporium inversicolor</i>	HM148109.1
		<i>Cladosporium xylophilum</i>	HM148234.1
		<i>Cladosporium funiculosum</i>	HM148094.1
		<i>Cladosporium lycoperdinum</i>	HM148114.1
<i>Eurotiales</i> ²	<i>Trichocomaceae</i> ^{1,2}	<i>Aspergillus niger</i>	HQ891666.1
		<i>Aspergillus tubingensis</i>	HQ728255.1
		<i>Aspergillus awamori</i>	HM037957.1
		<i>Aspergillus foetidus</i>	FJ537131.1
		<i>Gliocladium cibotii</i>	FJ537114.1
		<i>Aspergillus phoenicis</i>	FJ537103.1
		<i>Aspergillus vadensis</i>	FJ629368.1
		<i>Aspergillus piperis</i>	FJ629352.1
		<i>Aspergillus costaricaensis</i>	FJ629327.1
		<i>Aspergillus niger</i>	EU645696.1
		<i>Aspergillus niger</i>	HQ014699.1
		<i>Aspergillus awamori</i>	EF151436.1
		<i>Aspergillus ficuum</i>	AB573915.1
		<i>Aspergillus shirousami</i>	AB573911.1
		<i>Aspergillus usamii</i>	AB573906.1
		<i>Aspergillus kawachii</i>	AB573884.1

	<i>Aspergillus acidus</i>	FR727131.1
	<i>Aspergillus parasiticus</i>	EF661568.1
	<i>Aspergillus sojae</i>	AY373867.1
	<i>Aspergillus toxicarius</i>	AB008421.1
	<i>Aspergillus flavus</i>	AB369896.1
	<i>Aspergillus bombycis</i>	AF338641.1
	<i>Aspergillus caelatus</i>	EF661550.1
	<i>Aspergillus pseudotamarii</i>	DQ467987.1
	<i>Aspergillus nomius</i>	AB000535.1
	<i>Aspergillus oryzae</i>	HQ380782.1
	<i>Aspergillus tamarii</i>	EU833209.1
	<i>Penicillium radicum</i>	HM469413.1
	<i>Penicillium variable</i>	HM469398.1
	<i>Penicillium kloeckeri</i>	HM469393.1
	<i>Penicillium islandicum</i>	L14504.1
	<i>Penicillium rugulosum</i>	GU566230.1
	<i>Penicillium resedanum</i>	AF033398.1
	<i>Penicillium citrinum</i>	EF120416.1/ HQ245157.1
	<i>Penicillium griseofulvum</i>	GU565099.1
	<i>Penicillium expansum</i>	FJ008994.1
	<i>Penicillium funiculosum</i>	GU980968.1
	<i>Penicillium verruculosum</i>	HM469420.1
	<i>Penicillium pinophilum</i>	EU277738.1
	<i>Penicillium aculeatum</i>	GU565131.1
	<i>Penicillium purpurogenum</i>	HQ589147.1
	<i>Penicillium minioluteum</i>	AF380354.2

		<i>Talaromyces wortmannii</i>	AY533693.1
		<i>Talaromyces rotundus</i>	EU497950.1
		<i>Talaromyces bacillisporus</i>	GU966522.1
		<i>Talaromyces flavus</i>	U18354.1
		<i>Talaromyces mimosinus</i>	L14526.1
		<i>Eupenicillium erubescens</i>	AF033464.1
<i>Hymenochaetales</i> ²	<i>Hymenochaetaceae</i> ^{1,2}	<i>Phellinus kanehirae</i>	FJ627261.1
<i>Hypocreales</i> ²	**	<i>Acremonium cellulolyticus</i>	AB474749.1
		<i>Acremonium kiliense</i>	FR694874.1
		<i>Acremonium strictum</i>	GU595023.1
		<i>Ustilaginoidea virens</i>	JF271124.1
	<i>Hypocreaceae</i> ^{1,2}	<i>Gliocladium cibotii</i>	AF021264.1
		<i>Trichoderma viride</i>	DQ200258.1
	<i>Nectriaceae</i> ^{1,2}	<i>Fusarium solani</i>	FJ948133.1
		<i>Fusarium falciforme</i>	FJ545247.1
		<i>Fusarium oxysporum</i>	HQ248198.1/ DQ132824.1/ GU480960.1
		<i>Fusarium redolens</i>	AB304483.1
		<i>Fusarium equiseti</i>	HQ332532.1
		<i>Fusarium incarnatum voucher</i>	AY633745.1
		<i>Nectria haematococca</i>	DQ535186.1
		<i>Nectria sp</i>	HM535411.1
		<i>Nectria mauritiicola</i>	AM176681.1
<i>Microascales</i> ²	<i>Halosphaeriaceae</i> ^{1,2}	<i>Sigmoidea sp</i>	HM991282.1
<i>Pleosporales</i> ²	**	<i>Phoma macrostoma</i>	DQ474111.1
		<i>Phoma herbarum</i>	GU073116.1
		<i>Phoma leveillei</i>	FJ571477.1

	<i>Didymosphaeriaceae</i> ^{1,2}	<i>Roussoella hysterioides</i>	AF009812.1
	<i>Leptosphaeriaceae</i> ¹	<i>Ampelomyces sp.</i>	EF672292.1
		<i>Leptosphaeria sp</i>	HM042314.1
	<i>Pleosporaceae</i> ^{1,2}	<i>Epicoccum sorghi</i>	HQ328047.1
		<i>Epicoccum nigrum</i> *	FJ904851.1
		<i>Dendryphion nanum</i>	GU934517.1
	<i>Sporormiaceae</i> ^{1,2}	<i>Preussia funiculata</i>	GU934563.1
		<i>Preussia flanaganii</i>	AY943061.1
		<i>Preussia fleischhakii</i>	AY943060.1
		<i>Preussia aemulans</i>	AY943044.1
		<i>Preussia pilosella</i>	HQ637314.1
<i>Polyporales</i> ²	<i>Fomitopsidaceae</i> ^{1,2}	<i>Sporotrichum columbiense</i>	EU427035.1
<i>Sordariales</i> ²	<i>Chaetomiaceae</i> ^{1,2}	<i>Humicola fuscoatra</i>	EF120414.1
<i>Xylariales</i> ²	<i>Amphisphaeriaceae</i> ^{1,2}	<i>Pestalotiopsis clavispora</i>	GU595048.1
		<i>Pestalotiopsis photiniae</i>	GU395992.1
		<i>Pestalotiopsis paeoniicola</i>	FJ997645.1
		<i>Pestalotiopsis aquatica</i>	DQ132823.1
		<i>Pestalotiopsis rhododendri</i>	AY687304.1
		<i>Pestalotiopsis sydowiana</i>	AF409970.1
		<i>Pestalotiopsis leucothoes</i>	AF409969.1
		<i>Pestalotiopsis longisetula</i>	AF409971.1
		<i>Pestalotiopsis aloes</i>	DQ789379.1
		<i>Pestalotiopsis microspora</i>	FJ478120.1
		<i>Pestalotiopsis crassiuscula</i>	DQ672265.1
		<i>Pestalotia pampeana</i>	DQ813428.1
		<i>Pestalotiopsis palmarum</i>	GQ888738.1

		<i>Pestalotia lambertiae</i>	DQ813422.1
		<i>Pestalotiopsis westerdijkii</i>	DQ137856.1
		<i>Pestalotiopsis gracilis</i>	HM535767.1
		<i>Pestalotiopsis virgatula</i>	HM190151.1
		<i>Pestalotiopsis oxyanthi</i>	HM190148.1
		<i>Pestalotiopsis diospyri</i>	HM190147.1
		<i>Pestalotiopsis cruenta</i>	HM535774.1
<i>Ustilaginales</i> ²	<i>Ustilaginaceae</i> ^{1,2}	<i>Moesziomyces bullatus</i>	DQ831013.1
		<i>Pseudozyma parantarctica</i>	AB089356.1
		<i>Pseudozyma hubeiensis</i>	DQ008954.1/ HQ832814.1
		<i>Pseudozyma tsukubaensis</i>	AB550284.1/ AB550283.1
		<i>Pseudozyma graminicola</i>	AB180728.1
		<i>Pseudozyma shanxiensis</i>	FJ515182.1
		<i>Pseudozyma prolifica</i>	AM160639.1
		<i>Ustilago davisii</i>	AY740169.1
		<i>Ustilago kamerunensis</i>	HM143014.1
		<i>Ustilago trichophora</i>	AY345009.1/ HQ201379.1/ AY740023.1
		<i>Ustilago filiformis</i>	AY740066.1
		<i>Ustilago echinata</i>	AY345001.1
		<i>Ustilago vetiveriae</i>	AY345011.1
		<i>Ustilago schroeteriana</i>	AY345006.1
		<i>Ustilago tragana</i>	AY740072.1
		<i>Ustilago striiformis</i>	AY740172.1
		<i>Ustilago calamagrostidis</i>	AY740065.1

	<i>Ustilago austro-africana</i>	AY740061.1
	<i>Ustilago sporoboli-indici</i>	AY772739.1
	<i>Ustilago spermophora</i>	AY740171.1
	<i>Ustilago bouriqueti</i>	AY740167.1
	<i>Ustilago esculenta</i>	AB211929.1
	<i>Ustilago triodiae</i>	AY740075.1
	<i>Ustilago crameri</i>	AY344999.1
	<i>Ustilago sparsa</i>	AY345008.1
	<i>Ustilago maydis</i>	FJ167356.1
	<i>Ustilago cynodontis</i>	HM143013.1
	<i>Sporisorium erythraeense</i>	AY740049.1
	<i>Sporisorium pulverulentum</i>	AY740162.1
	<i>Sporisorium nealii</i>	AY740055.1
	<i>Sporisorium trachypogonis-plumosi</i>	AY740060.1
	<i>Sporisorium mishrae</i>	AY344983.1
	<i>Sporisorium holwayi</i>	AY344980.1
	<i>Sporisorium andropogonis</i>	AY740043.1
	<i>Sporisorium modestum</i>	AY740054.1
	<i>Sporisorium provinciale</i>	AY344988.1
	<i>Sporisorium occidentale</i>	AY344985.1
	<i>Sporisorium dimeriae-ornithopodae</i>	AY344977.1
	<i>Sporisorium apludae-aristatae</i>	AY740045.1
	<i>Sporisorium themedae-arguentis</i>	AY344991.1
	<i>Sporisorium spinulosum</i>	GU139172.1
	<i>Sporisorium lepturi</i>	AY344981.1

	<i>Sporisorium aegypticum</i>	AY344970.1
	<i>Sporisorium andropogonis-micranthi</i>	AY740047.1
	<i>Sporisorium veracruzianum</i>	AY747075.1
	<i>Sporisorium bursum</i>	AY740154.1
	<i>Franzpetrakia microstegii</i>	GU139171.1
	<i>Macalpinomyces tristachyae</i>	AY740164.1
	<i>Macalpinomyces mackinlayi</i>	GU014817.2

**Ordem ou Família não especificada. Indivíduos destacados em cinza = leveduras.

Fontes: ¹ NCBI; ² Encyclopedia of Life.

5.2.1 Análise filogenética

Pela análise filogenética realizada com auxílio do programa MEGA, as amostras de fungos isoladas do bambu e as sequências descritas pelo BLAST puderam ser agrupadas de acordo com suas relações de homologia, em nível de família, gênero ou espécie, por meio de árvores filogenéticas que foram inferidas pelo software (Anexo 5). Nove indivíduos puderam ser identificados ao nível de espécie, sendo estes *Arthrinium euphorbiae*, *Arthrinium phaeospermum* (Figura 20), *Fusarium oxysporum*, *Penicillium radicum*, *Penicillium citrinum* (Figura 21) e *Roussoella hysteroioides* (Figura 22), além de outros três identificados como *Pseudozyma aphidis* e *Pseudozyma hubeienses*, que, por se tratarem de leveduras, não foram levados em consideração no presente estudo.



Figura 20. Colônias de fungos isoladas de amostras de bambu identificadas como pertencentes às espécies *Arthrinium euphorbiae* (A) e *A. phaeospermum* (B e C).

Os demais indivíduos puderam ser identificados em nível de gênero, família ou somente ordem, devido à baixa qualidade das sequências obtidas. Os gêneros identificados foram *Arthrinium*, *Aspergillus* (Figura 23), *Cladosporium*, *Dokmaia*, *Fusarium* (Figura 24) e *Penicillium*.

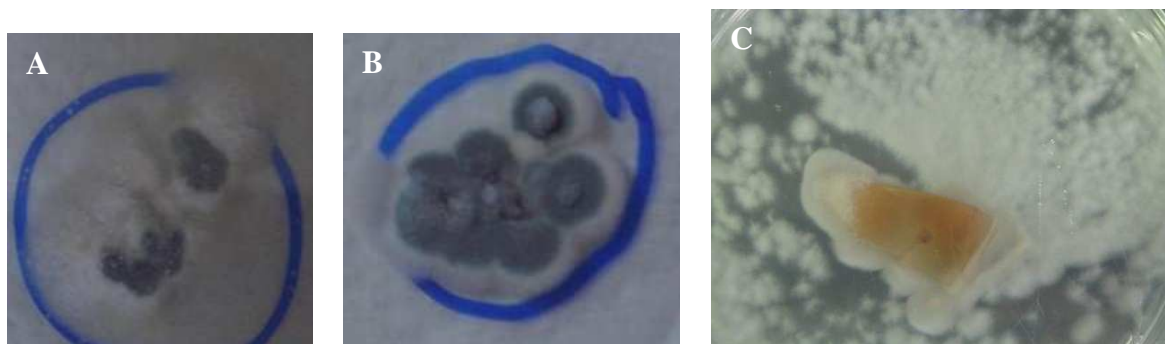


Figura 21. Colônias de fungos isoladas de amostras de bambu identificadas como pertencentes às espécies *Penicillium radicum* (A e B) e *P. citrinum* (C).

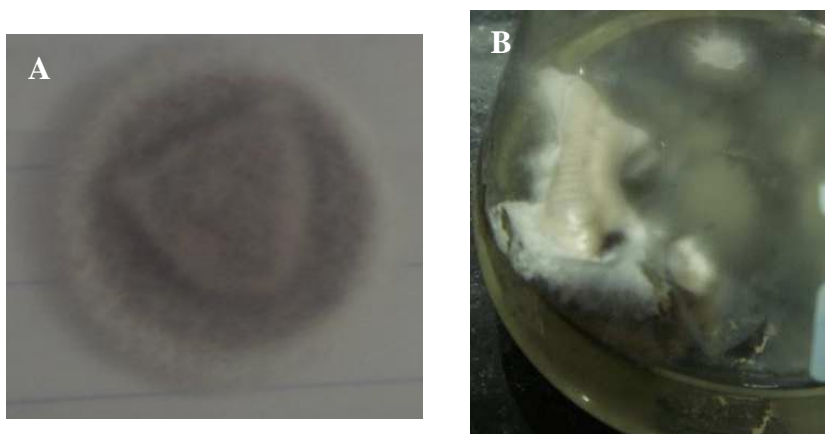


Figura 22. *Roussella hysteroioides* isolada de amostras de bambu. Em A, cultivada em placa de Petri e em B, em meio BDA líquido.

De acordo com estudos conduzidos na Ásia, os gêneros *Trichoderma*, *Penicillium* e *Aspergillus* constituem importantes fungos manchadores e apodrecedores do bambu na Tailândia (MOHANAN, 1997). Ainda, Duncan e Eslyn¹⁵ (1966 *apud* BRAZOLIN, 2007) classificaram algumas cepas de *Penicillium* sp. como fungos de podridão mole. A espécie *Roussella hysteroioides* é conhecida na literatura por sua associação com o bambu (ZHOU e HYDE, 2002; TANAKA *et al.*, 2009) e sua capacidade deterioradora característica de podridão mole (SIN, HYDE e POINTING, 2002).

15 DUNCAN, C. G.; ESLYN, W.E. Wood-decaying Ascomycetes and Fungi Imperfecti. *Mycologia*, v. 58, p.642-45, 1966.

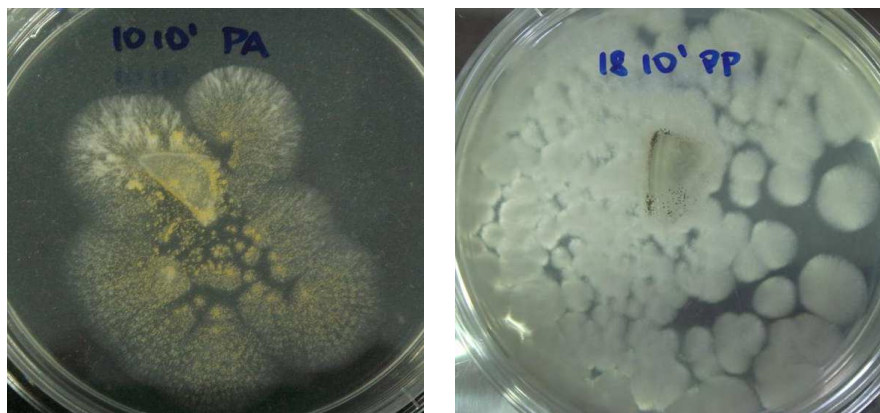


Figura 23. Colônias de fungos isoladas das amostras de bambu identificadas como pertencentes ao gênero *Aspergillus*.

Os gêneros *Arthrinium* e *Fusarium*, identificados também em estudo de Silva *et al.* (2009), não possuem atividade deterioradora confirmada, sendo classificados como fungos endofíticos (ZHOU e HYDE, 2002).



Figura 24. Colônias de fungos isoladas das amostras de bambu identificadas como representantes do gênero *Fusarium*.

5.3 Ensaio acelerado de laboratório - Resultados parciais (6 semanas)

Após seis semanas de ensaio acelerado, foram realizadas avaliações parciais de inspeção visual, perda de massa e ultrassom para verificar e possibilitar o acompanhamento da evolução da deterioração dos corpos-de-prova.

5.3.1 Inspeção Visual

Pela inspeção visual não se observou nenhuma alteração nas amostras utilizadas que evidenciasse uma possível degradação por fungos, sendo perceptível apenas uma colonização superficial (Figura 25). As hifas foram removidas juntamente com o excesso de solo para a realização da pesagem das amostras.



Figura 25. Corpos-de-prova após seis semanas submetidos ao ensaio de apodrecimento acelerado, nos quais nota-se a presença de fungos superficiais e nenhum sinal aparente de degradação.

5.3.2 Perda de Massa

Os corpos-de-prova tiveram suas massas estabilizadas ao ar livre para a realização da pesagem. Nenhuma das 210 amostras (testemunhas e tratadas) apresentou perda de massa (ver Tabela 25 – Anexo 6). Devido ao limitado período de tempo (6 semanas) ao qual as taliscas ficaram submetidas ao ensaio é possível que ainda não houvesse condições propícias para uma colonização e deterioração efetiva do bambu por parte dos fungos.

5.3.3 Ultrassom

Os valores do módulo dinâmico (E_d), de um modo geral, independentemente da concentração da solução e do tempo de imersão das taliscas, apresentaram uma diminuição

significativa ao longo das seis semanas de exposição. Essa diminuição no valor do módulo dinâmico deveu-se ou a uma degradação biológica do material ou à influência da umidade.

5.4 Ensaio acelerado de laboratório - Resultados finais (16 semanas)

Após as dezesseis semanas de exposição ao ensaio acelerado, os corpos-de-prova foram submetidos a uma inspeção visual e aos ensaios não-destrutivos de perda de massa e ultrassom e destrutivos de flexão estática para verificar a existência de deterioração nas amostras e assim, avaliar a eficiência do ácido pirolenhoso no tratamento preservativo das taliscas.

5.4.1. Inspeção Visual

Pela inspeção visual dos corpos-de-prova não se observou nenhuma alteração ou sinal aparente de degradação por fungos, estando as amostras intactas e poucas delas apresentando pequenas manchas escuras, indicando uma colonização por fungos manchadores (Figura 26). As manchas foram encontradas principalmente nas regiões dos corpos-de-prova que não estavam enterradas, ou seja, sem contato direto com o solo, e em amostras de todos os grupos, independentemente da concentração da solução e do tempo de imersão dos corpos-de-prova.

Além das manchas escuras, observou-se uma mudança na coloração dos corpos-de-prova, que adquiriram um tom avermelhado, devido ao tipo de solo aos quais ficaram em contato (latossolo vermelho distroférico típico) durante o período de ensaio.

5.4.2 Perda de Massa

Após a remoção do excesso de solo e das eventuais hifas presentes superficialmente nas amostras e a estabilização da massa ao ar livre, realizou-se novamente a pesagem dos corpos-de-prova para avaliação de perda de massa, a qual não foi observada em amostra alguma (Tabela 25 – Anexo 6). Tal fato pode ser devido a problemas metodológicos como tipo de solo inadequado ou tempo de exposição insuficiente para que houvesse uma efetiva degradação por fungos cujos efeitos pudessem ser percebidos por esse método de avaliação. Além disso, por se tratar de um material higroscópico, o fator umidade exerce grande influência nos resultados, podendo mascarar uma possível perda de massa através da absorção da umidade do solo ou do ar pelos corpos-de-prova.

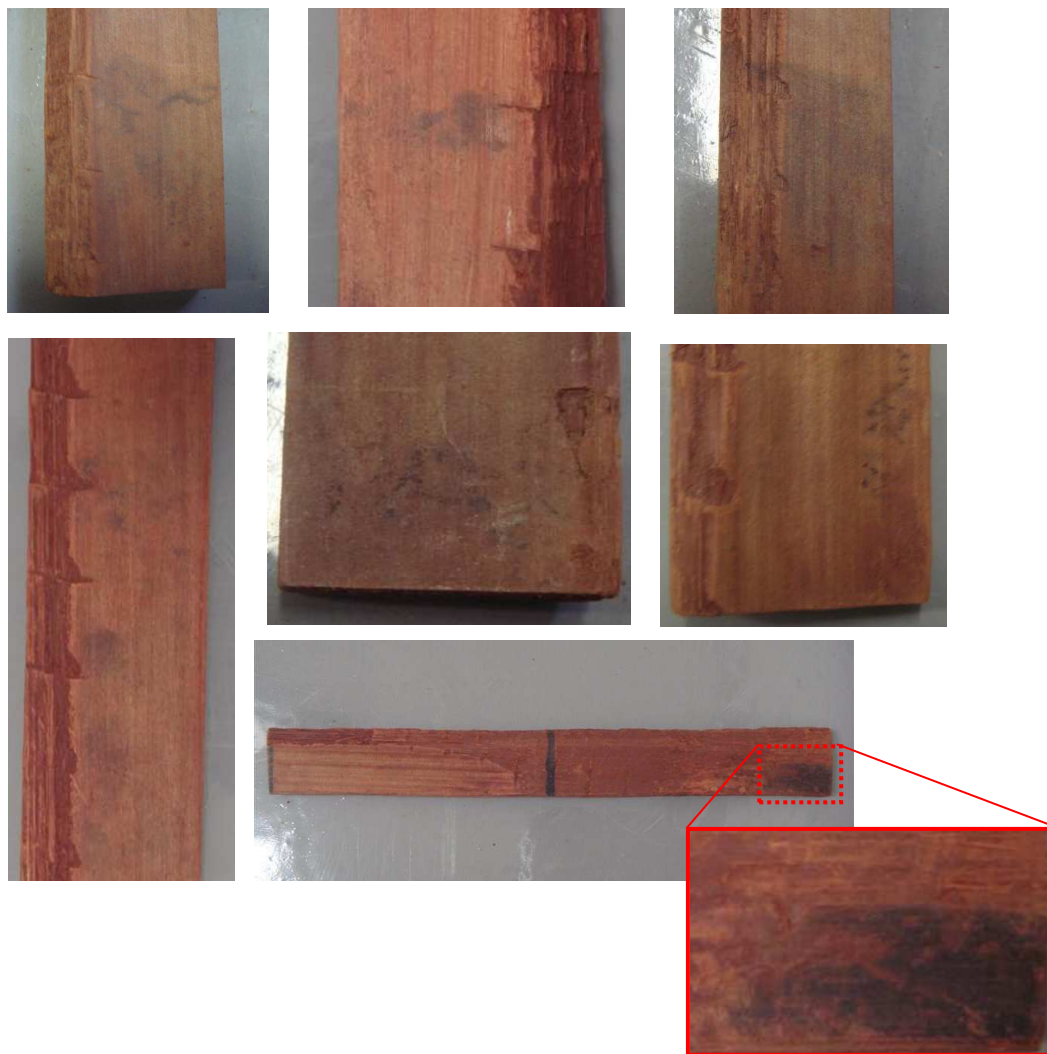


Figura 26 As manchas escuras, verificadas nas regiões dos corpos-de-prova que não tiveram contato direto com o solo durante o ensaio acelerado de laboratório, sugerem um ataque inicial de fungos do tipo manchador.

5.4.3 Ultrassom

Os valores do módulo dinâmico obtidos para os tempos de exposição 0 a 16 semanas, as diferentes concentrações da solução e os diferentes tempos de tratamento dos corpos-de-prova encontram-se no Anexo 7 (Tabela 26), juntamente com as análises estatísticas realizadas com auxílio do programa Statgraphics (Anexo8). No entanto, no tempo de exposição de 6 semanas (análise parcial), os valores de E_d se apresentaram muito baixos, comportando-se de modo inesperado e com muita discrepância em relação aos valores iniciais e finais. Para evitar que estes dados interferissem e prejudicassem a avaliação dos resultados, optou-se por não utilizar os valores médios do tempo de exposição 2 (6 semanas) na análise estatística.

As médias dos valores de E_d foram calculadas para os fatores tempo de exposição, concentração da solução, tempo de imersão e tipo de solo. Foram observadas diferenças estatisticamente significantes com nível de confiança de 95% nos fatores tempo de exposição e tempo de imersão.

5.4.3.1 Tempo de exposição

Houve diferença estatística nos valores de E_d entre cada tempo de exposição, havendo um aumento significativo dos valores médios após as 16 semanas do ensaio (Figura 27).

Após a análise geral, os valores de E_d foram verificados em cada tempo de exposição separadamente, para que se pudesse observar a variação do módulo dinâmico para cada fator (concentração da solução, tempo de imersão e tipo de solo).

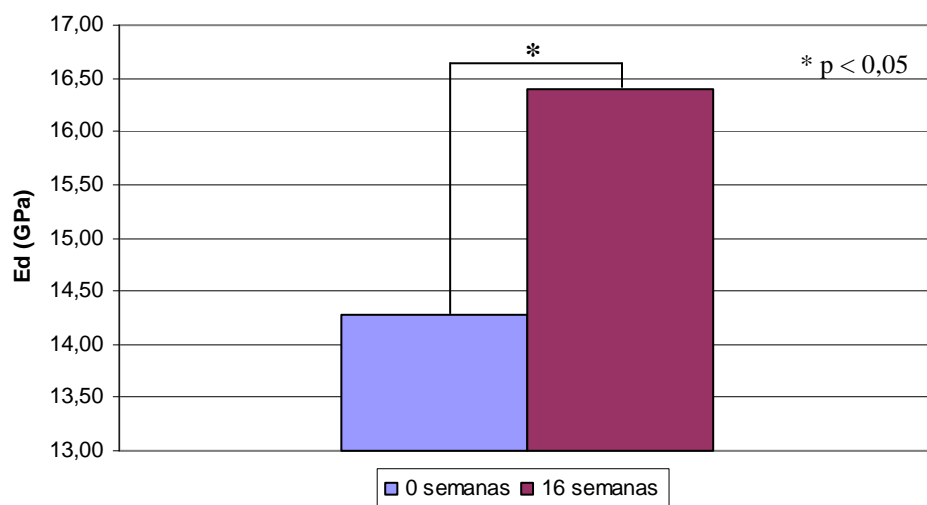


Figura 27. Média dos valores de E_d para cada tempo de exposição. * denota diferença estatisticamente significativa com nível de confiança de 95%.

Tempo de Exposição 1 (semana 0)

Para o tempo de exposição 1 observou-se diferença estatística somente entre os valores de tempo de imersão, sendo os tempos 1 e 2 (15 e 45 minutos) iguais estatisticamente, porém diferentes dos tempos 3 e 4 (90 e 180 minutos), que por sua vez são iguais entre si (Figura 28).

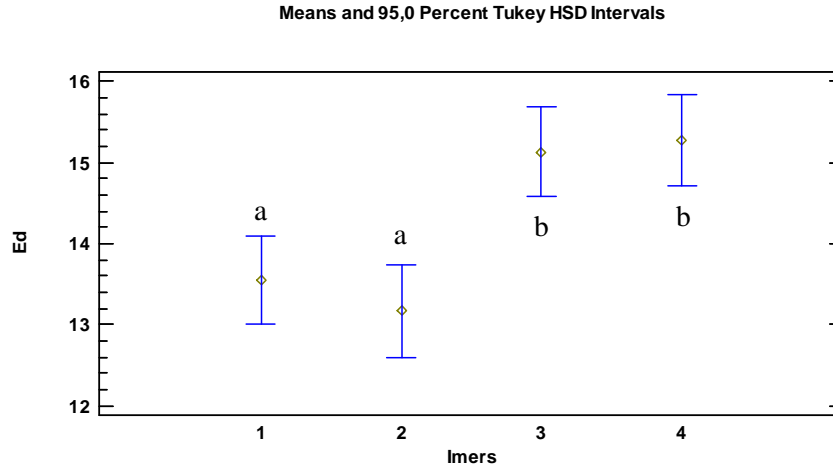


Figura 28. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de imersão no tempo de exposição 1 (semana 0). Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2); 90 min (3) e 180 min (4). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

A diminuição nos valores do E_d pode indicar alterações no material, devido à deterioração biológica ou ao teor de umidade contido. Sendo assim, os tempos 3 e 4 se mostraram melhores (com valores mais altos de E_d) do que os tempos 1 e 2 para a variável em questão.

Tempo de Exposição 2 (semana 16)

Para o tempo de exposição 2 foram observadas diferenças estatísticas entre os valores de tempo de imersão (Figura 29) e entre os tipos de solo (Figura30).

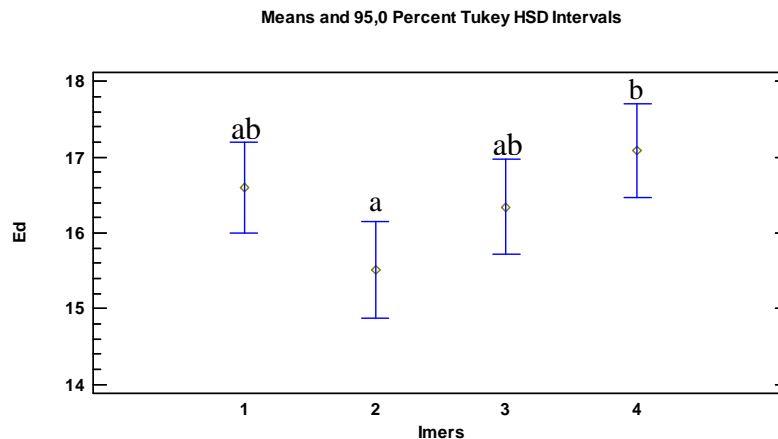


Figura 29. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de imersão no tempo de exposição 2 (semana 16). Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2); 90 min (3) e 180 min (4). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

Após as 16 semanas de exposição observou-se diferença significativa somente entre os tempos de imersão 2 e 4 (45 e 180 min), indicando que o tempo de imersão 2 (45 min), para a variável E_d , apresentou pior desempenho em comparação com os demais tempos. O tipo de solo também apresentou diferença significativa, no entanto o solo não estéril apresentou uma média maior que a do solo estéril, o que sugere que a diminuição do valor do E_d não seja devido à degradação por fungos (que não estavam presentes no solo estéril), mas sim por fatores externos, como o teor de umidade.

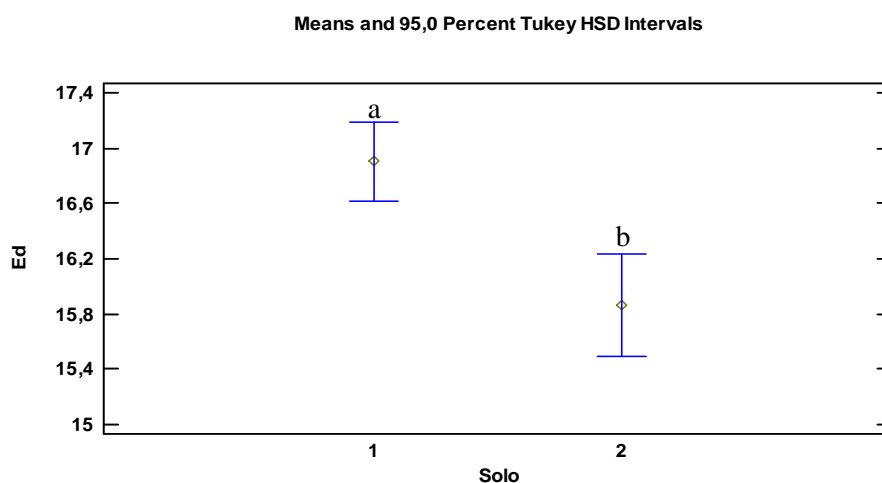


Figura 30. Valores médios de E_d para os diferentes tipos de solo no tempo de exposição 2 (semana 16). Tipos de solo – (1) não estéril; (2) estéril. As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

5.4.3.2 Tempo de imersão

Foram encontradas diferenças estatísticas, sendo o tempo de imersão 180 minutos aquele que apresentou média de valores significativamente maior que as demais, o que indica uma melhor performance para a variável E_d em relação aos demais tempos de imersão. O tempo de imersão 2 (45 minutos) apresentou o menor valor médio de E_d (Figura 31).

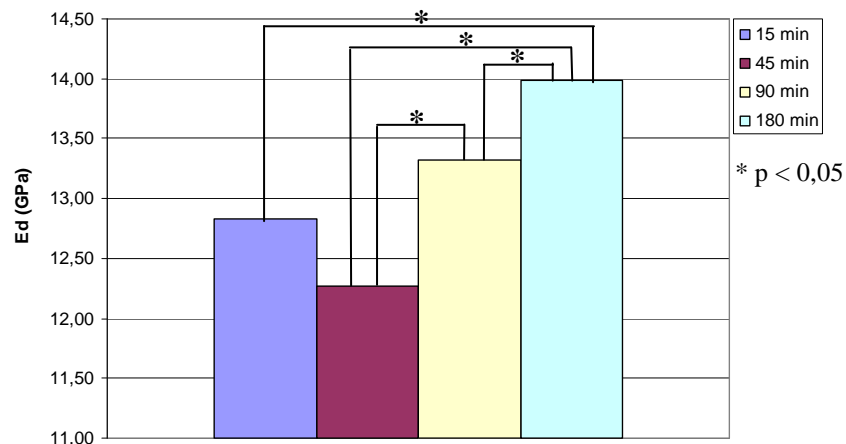


Figura 31. Média dos valores de E_d para cada tipo de imersão. * denota diferença estatisticamente significativa com nível de confiança de 95%.

Tempo de Imersão 1 (15 minutos)

Para o tempo de imersão 1 foram encontradas diferenças significativas entre os grupos tempo de exposição (Figura 32) e concentração (Figura 33). Os tempos de exposição apresentaram valores médios diferentes entre si, sendo o tempo de exposição 16 semanas o que apresentou maior média, indicando que houve um aumento no E_d durante o ensaio acelerado.

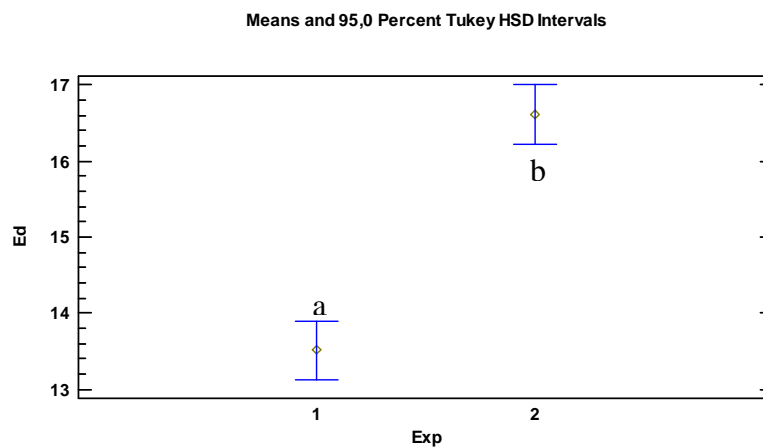


Figura 32. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de exposição no tempo de imersão 1 (15 min). Tempos de exposição – 0 semanas (1) e 16 semanas (2). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

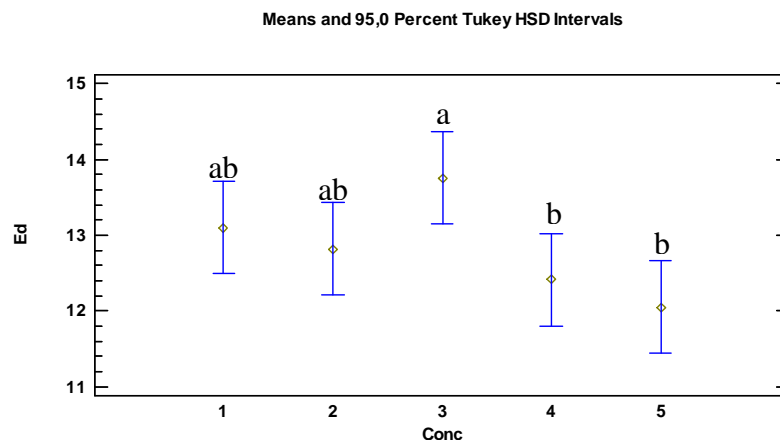


Figura 33. Valores de Ed para as diferentes concentrações no tempo de imersão 1 (15 min). Concentrações – 0% (1); 5% (2); 10% (3), 20% (4) e 30% (5). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

Os valores obtidos nas diferentes concentrações da solução apresentaram diferença significativa entre a concentração 3 (10%) em relação às concentrações 4 e 5 (20% e 30%), sendo a concentração 3 a que apresentou maior valor médio de Ed, apesar de ser igual, estatisticamente, às concentrações 1 e 2 (0% e 5%).

Tempo de Imersão 2 (45 minutos)

Para o tempo de imersão 2 também foram encontradas diferenças significativas entre os grupos tempo de exposição (Figura 34) e concentração (Figura 35). Os tempos de exposição apresentaram valores médios diferentes entre si.

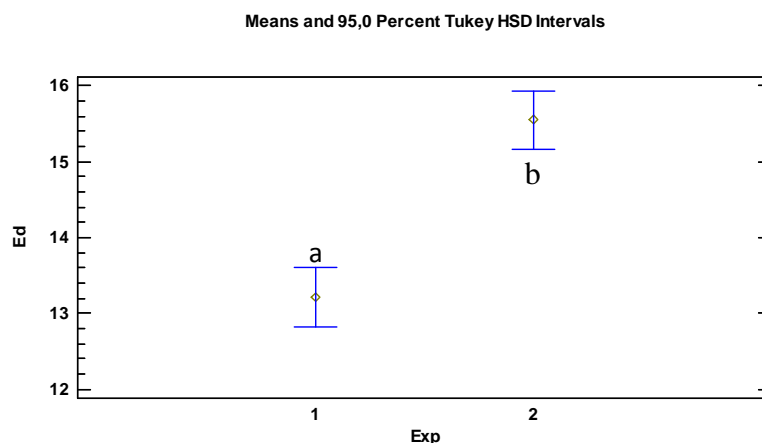


Figura 34. Valores de Ed para os diferentes tempos de exposição no tempo de imersão 2 (45 min). Tempos de exposição – 0 semanas (1) e 16 semanas (2). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

O tempo de exposição 2 apresentou maior média, indicando que houve um aumento no E_d durante o ensaio acelerado. A concentração 5 (30%) apresentou maior valor médio em relação às demais, sendo esta diferença estatisticamente significativa. Além disso, as concentrações 2 e 3 (5% e 10%) também se mostraram diferentes entre si, sendo a concentração 3 a que apresentou menor desempenho em relação ao E_d para 45 minutos de tratamento por imersão.

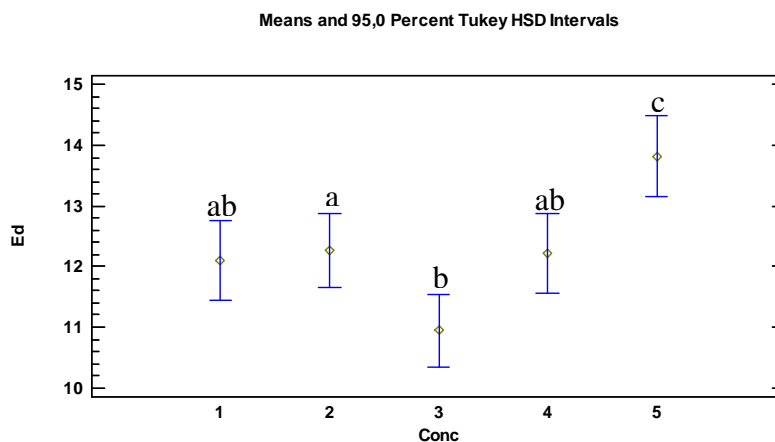


Figura 35. Valores de E_d para as diferentes concentrações no tempo de imersão 2 (45 min). Concentrações – 0% (1); 5% (2); 10% (3), 20% (4) e 30% (5). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

Tempos de Imersão 3 (90 minutos) e 4 (180 minutos)

Para os tempos de imersão 3 e 4 foram observadas diferenças significativas somente entre os grupos tempo de exposição (Figuras 36 e 37). O tempo de exposição 2 apresentou a maior média nos dois casos, indicando um aumento no E_d durante o ensaio acelerado para os dois tempos de tratamento por imersão.

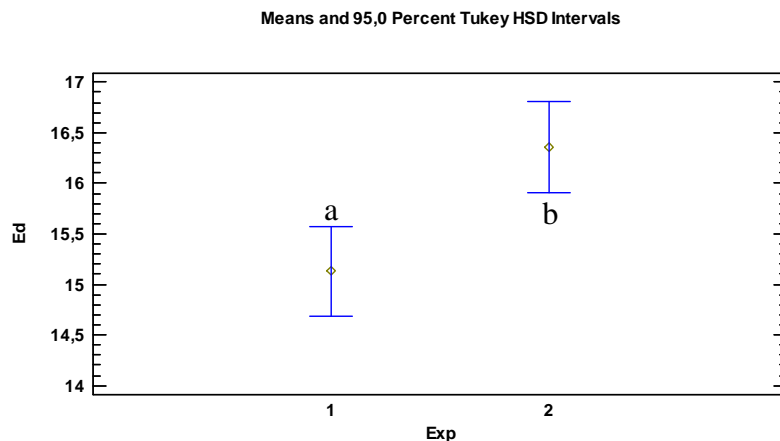


Figura 36. Valores de Ed para os diferentes tempos de exposição no tempo de imersão 3 (90 min). Tempos de exposição – 0 semanas (1) e 16 semanas (2). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

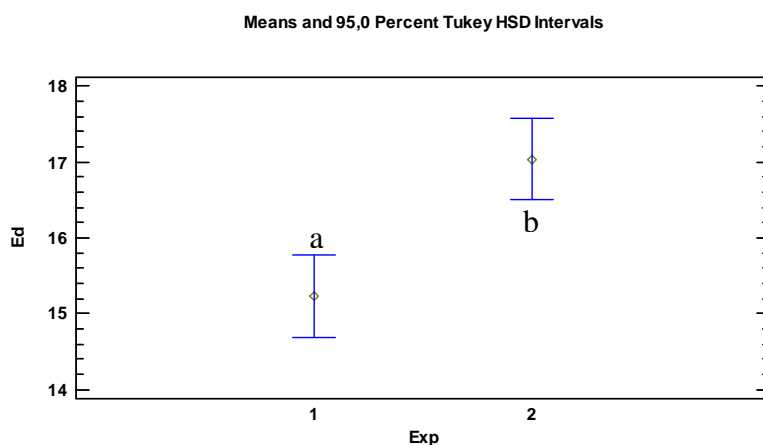


Figura 37. Valores médios de Ed para os diferentes tempos de exposição no tempo de imersão 4 (180 min). Tempos de exposição – 0 semanas (1) e 16 semanas (2). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

5.4.3.3 Concentração da solução e tipo de solo

As médias de valores de E_d para os fatores concentração da solução e tipo de solo não apresentaram diferença estatística ao nível de confiança de 95%.

Concentração 1 (0%) e 2 (5%)

Pela análise estatística dos valores médios de E_d encontrados para as concentrações 1 e 2, houve diferença significativa somente entre os tempos de exposição do ensaio (Figuras 38 e 39). Para estes fatores, o tempo de exposição 2 (16 semanas) apresentou valores maiores que o tempo de exposição 1 (semana 0).

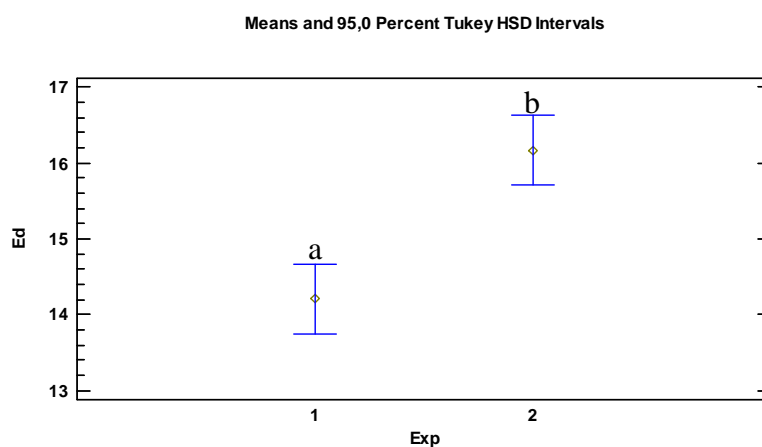


Figura 38. Valores de E_d para os diferentes tempos de exposição na concentração 1 (0%). Tempos de exposição – 0 semanas (1) e 16 semanas (2). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significante com nível de confiança 95%.

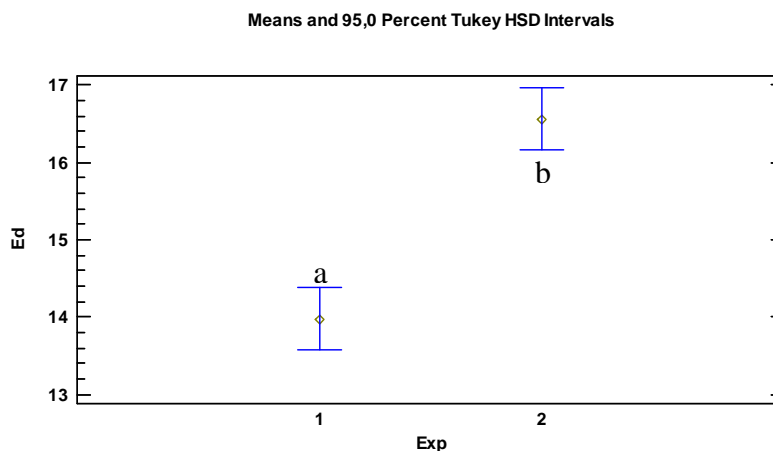


Figura 39. Valores de E_d para os diferentes tempos de exposição na concentração 2 (5%). Tempos de exposição – 0 semanas (1) e 16 semanas (2). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significante com nível de confiança 95%.

Concentrações 3 (10%) e 4 (20%)

A análise estatística dos valores médios de E_d encontrados para os fatores concentração 10% e concentração 20% indicou diferença estatística entre os grupos tempo de exposição (Figuras 40 e 41) e tempo de imersão (Figuras 42 e 43). Em ambos os casos o tempo de exposição 2 (16 semanas) apresentou valores médios de E_d significativamente maiores que o tempo de exposição 1 (semana 0).

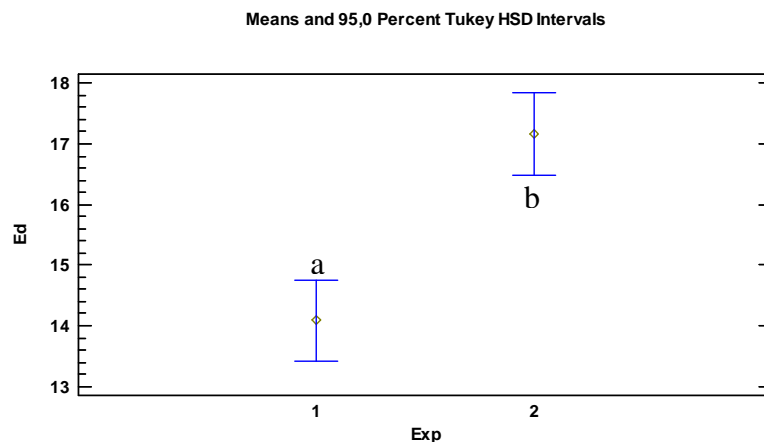


Figura 40. Valores de E_d para os diferentes tempos de exposição na concentração 3 (10%). Tempos de exposição – 0 semanas (1) e 16 semanas (2). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significante com nível de confiança 95%.

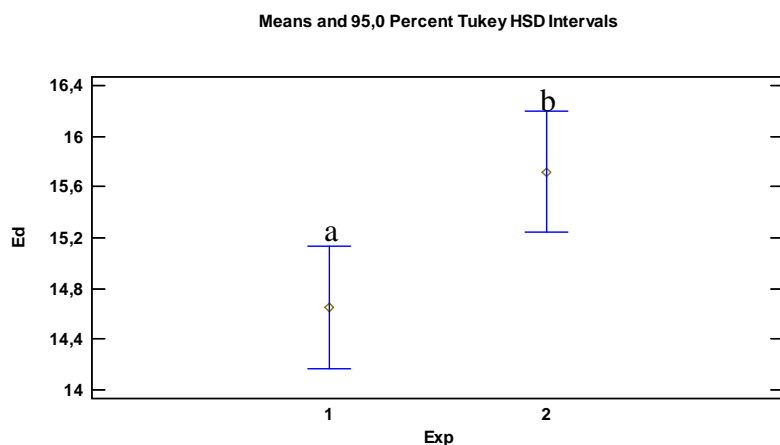


Figura 41. Valores de E_d para os diferentes tempos de exposição na concentração 4 (20%). Tempos de exposição – 0 semanas (1) e 16 semanas (2). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significante com nível de confiança 95%.

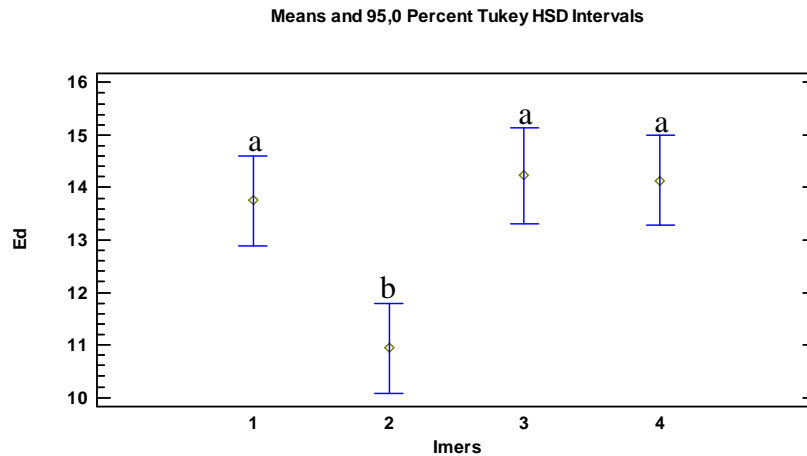


Figura 42. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de imersão na concentração 3 (10%). Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2); 90 min (3) e 180 min (4). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

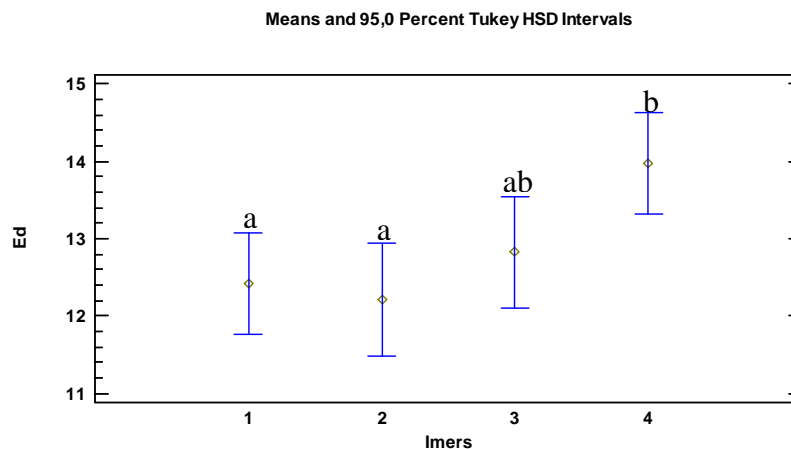


Figura 43. Valores de E_d para os diferentes tempos de imersão na concentração 4 (20%). Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2); 90 min (3) e 180 min (4). Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

Para a concentração 3 (10%), o tempo de imersão 2 (45 min) foi o único fator significativamente diferente dos demais, apresentando o menor valor médio de E_d , sugerindo que, para a concentração 10%, este tempo de imersão resulta em um menor desempenho, caso essa variação nos valores seja devida à degradação do material.

Para a concentração 4 (20%), os tempos de imersão 1 (15 min) e 2 (45 min) não apresentaram diferença estatística entre si, mas ambos se diferenciaram significativamente do

tempo de imersão 4 (180 min), o qual apresentou um E_d médio maior em relação às demais. No entanto, o tempo de imersão 3 (90 min) não apresentou diferença estatística entre os demais.

Concentração 5 (30%)

Para o fator concentração 30%, os tempos de exposição, tempos de imersão e tipo de solo apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si. O tempo de exposição 2 (16 semanas), para essa concentração, apresentou maior E_d médio em relação ao tempo de exposição 1 (semana 0) (Figura 44).

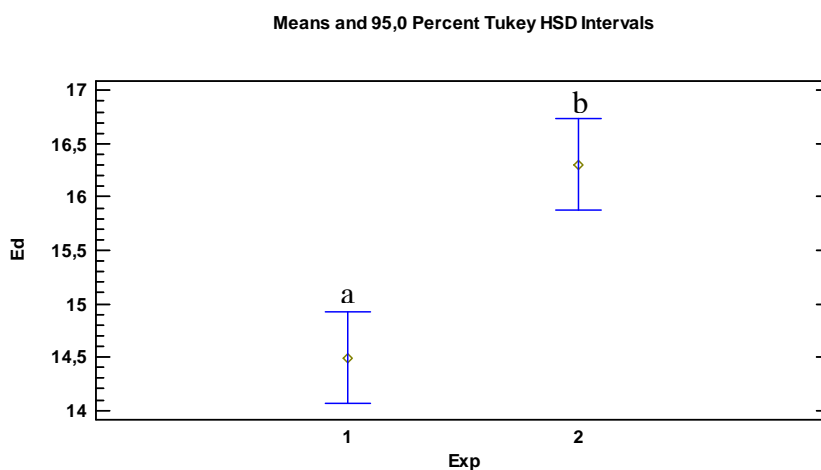


Figura 44. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de exposição na concentração 5 (30%). Tempos de exposição – 0 semanas (1) e 16 semanas (2). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

Para essa concentração, os tempos de imersão 2 e 4 (45 min e 180 min) não apresentaram diferença estatística entre si, porém ambos se diferenciavam do tempo de imersão 1 (15 min), o qual apresentou menor valor de E_d em relação aos demais. O tempo de imersão 3 (90 min) não apresentou diferença estatisticamente diferente dos demais tempos (Figura 45).

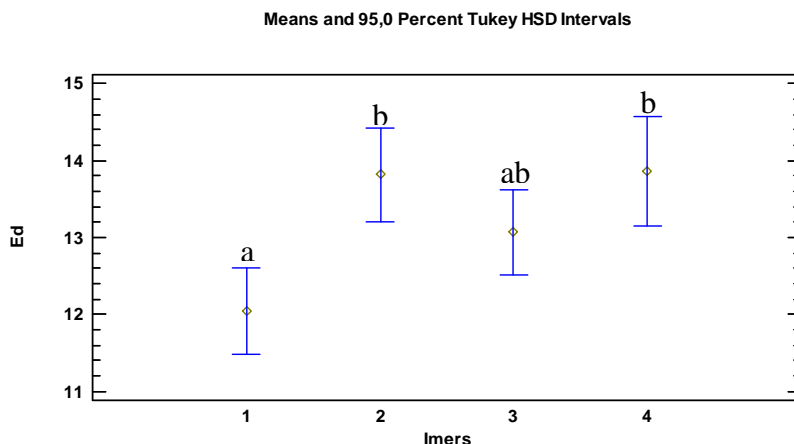


Figura 45. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de imersão na concentração 5 (30%). Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2); 90 min (3) e 180 min (4). Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

Solos 1 e 2 (Não Estéril e Estéril)

Pela análise estatística das médias dos valores de E_d obtidos para o solo 1 (não estéril) e solo 2 (estéril), verificou-se diferença significativa entre os grupos tempo de exposição e tempo de imersão. Em relação ao tempo de exposição, verifica-se que houve um aumento significativo do valor médio de E_d ao final das 16 semanas de exposição nos dois tipos de solo (Figuras 46 e 47). Um fator que pode ter influenciado em tais resultados seria o teor de umidade, que pode alterar o valor do E_d e mascarar os dados.

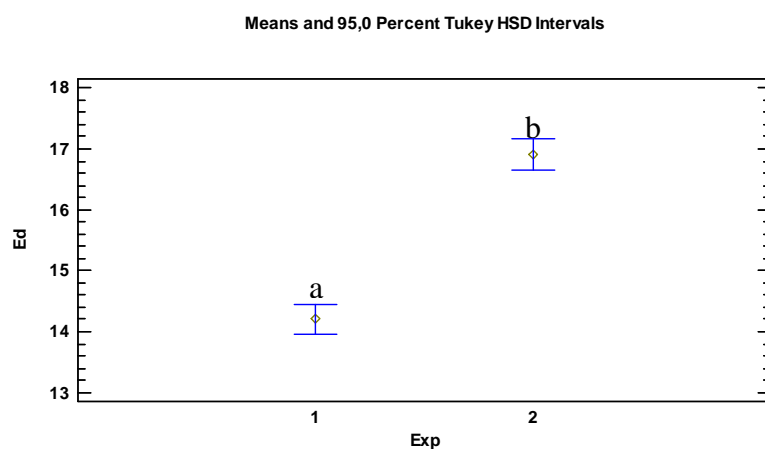


Figura 46. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de exposição no solo 1 (não estéril). Tempos de exposição – 0 semanas (1) e 16 semanas (2). Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

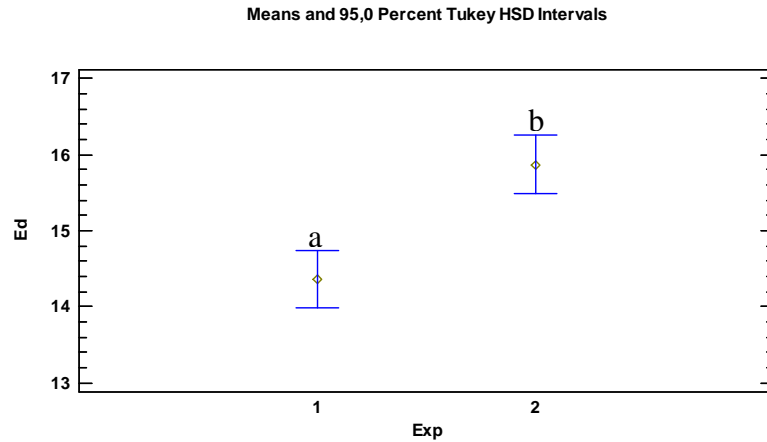


Figura 47. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de exposição no solo 2 (estéril). Tempos de exposição – 0 semanas (1) e 16 semanas (2). Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

Para o fator tempo de imersão, no solo 1 o tempo 4 (180 min) apresentou valor médio de E_d maior que os demais, porém a diferença só é significativa quando comparada aos tempos de imersão 1 e 2 (15 e 45 min) (Figura 48). O tempo de imersão 3 (90 min) apresenta valores estatisticamente iguais aos do tempo 1 e 4 (15 e 180 min), apresentando diferença significativa somente com o tempo 2 (45 min).

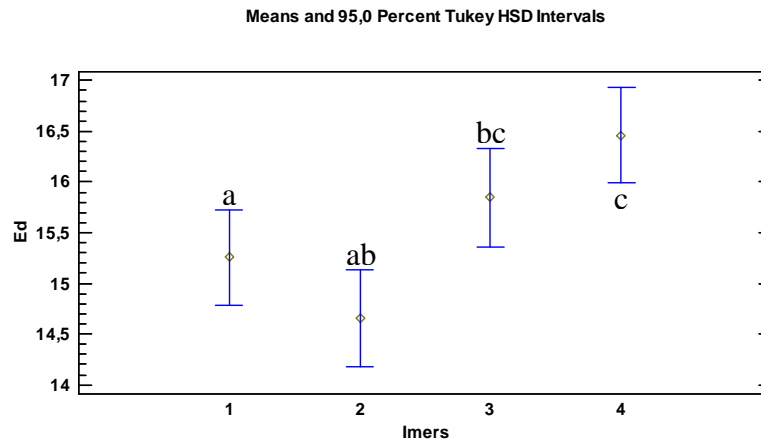


Figura 48. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de imersão no solo 1 (não estéril). Tempos de imersão 15 min (1); 45 min (2); 90 min (3) e 180 min (4). Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

No solo 2 os tempos de imersão 3 e 4 (90 e 180 min) apresentaram valores médios de E_d significativamente maiores que os valores do tempo de imersão 2 (45 minutos). O tempo de exposição 1, no entanto, não possuía diferença estatística com nenhum outro (Figura 49).

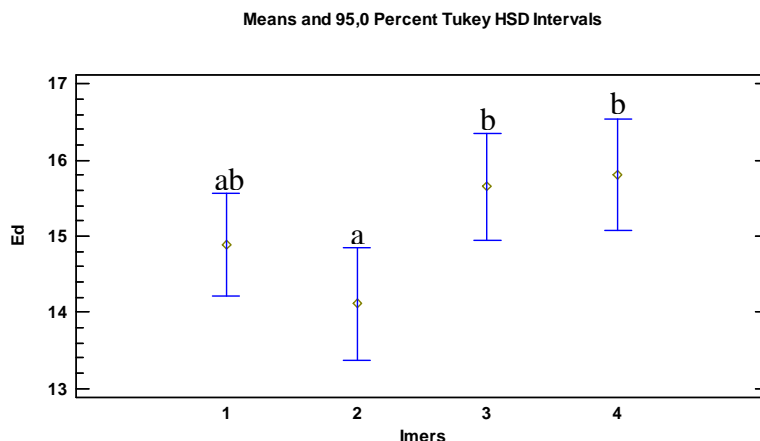


Figura 49. Valores médios de E_d para os diferentes tempos de imersão no solo 2 (estéril). Tempos de imersão 15 min (1); 45 min (2); 90 min (3) e 180 min (4). Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significante com nível de confiança 95%.

5.4.4 Ensaio de Flexão Estática (MOE)

Por meio do ensaio de flexão estática obtiveram-se os valores de MOE dos corpos-de-prova para todas as concentrações, tempos de imersão e tipos de solo, após as 16 semanas do ensaio acelerado (Tabela 82 – Anexo 9).

Foram calculadas as médias para cada fator e, por meio das análises estatísticas (Anexo 10), verificou-se que os fatores concentração e tempo de imersão apresentaram diferença estatisticamente diferente com nível de confiança de 95%.

5.4.4.1 Concentração

Para a variável MOE e o fator concentração observou-se diferença estatística entre os grupos 1 e 3 (0% e 10%), sendo a concentração 0% a que apresentou menor valor médio de MOE; no entanto, este não difere significativamente das demais concentrações (5%, 20% e 30%) (Figura 50).

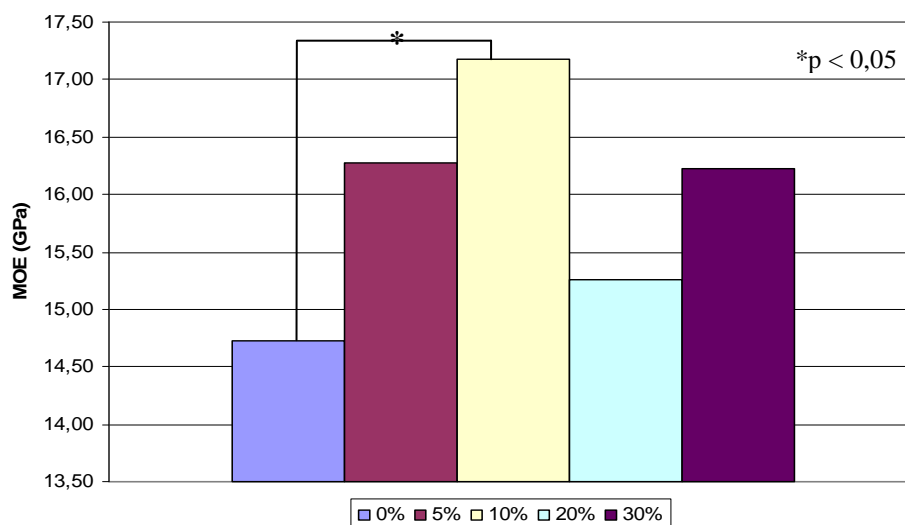


Figura 50. Média dos valores de MOE para cada concentração. * denota diferença estatisticamente significativa com nível de confiança de 95%.

Concentrações 1, 2, 4 e 5 (0%, 5%, 10% e 20%)

As análises estatísticas dos valores médios de MOE encontrados para as concentrações 0%, 5%, 10% e 20% não indicaram diferença significativa em nenhum grupo (tempo de imersão ou tipo de solo).

Concentração 3 (10%)

Ao se analisar os valores médios de MOE encontrados na concentração 10% observou-se diferença estatística entre dois valores de tempo de imersão.

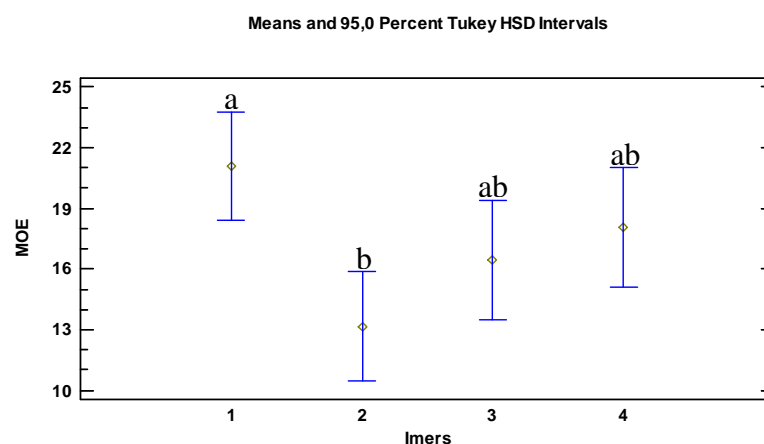


Figura 51. Valores de MOE para os diferentes tempos de imersão na concentração 3 (10%). Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2); 90 min (3) e 180 min (4). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

Os valores dos tempos 1 e 2 (15 min e 45 min) apresentaram diferença significativa entre si, porém não se diferenciaram dos demais tempos (Figura 51).

5.4.4.2 Tempo de Imersão

As análises estatísticas das médias dos valores de MOE obtidos para o fator tempo de imersão indicaram diferença significativa entre os valores dos tempos 1 e 2 (15 min e 45 min), sendo o tempo de imersão 15 minutos o que apresentou maior valor médio de MOE e o tempo de imersão 45 minutos aquele que apresentou o menor valor médio. Apesar de apresentarem diferença significativa entre si, ambos não se diferenciaram dos demais tempos (Figura 52).

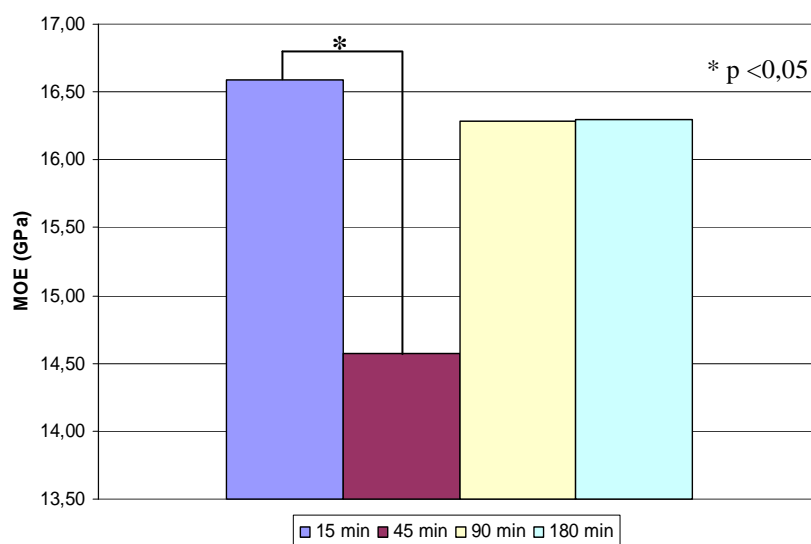


Figura 52. Média dos valores de MOE para cada tempo de imersão. * denota diferença estatisticamente significativa com nível de confiança de 95%.

Tempos de Imersão 1 e 2 (15 e 45 minutos)

Nos tempos de imersão 1 e 2 (15 e 45 min) verificaram-se diferenças significativas entre os valores médios para o fator concentração. No tempo de imersão 15 minutos, os valores das concentrações 4 e 5 (20% e 30%), iguais entre si, apresentaram diferença significativa entre a concentração 3 (15%), na qual se observou o maior valor médio de MOE. No entanto, tal valor não apresentou diferença estatística em relação às concentrações 1 e 2 (0% e 5%) (Figura 53).

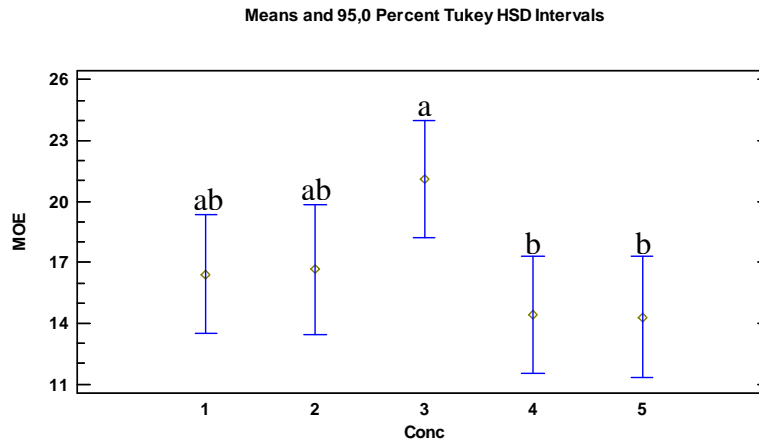


Figura 53. Valores médios de MOE para as diferentes concentrações no tempo de imersão 1 (15 min). Concentrações – 0% (1); 5% (2); 10% (3), 20% (4) e 30% (5). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

Tempos de Imersão 3 e 4 (90 e 180 minutos)

As análises estatísticas dos valores médios de MOE encontrados para os tempos de imersão 90 e 180 minutos não indicaram diferença significativa em nenhum grupo (concentração ou tipo de solo).

5.4.4.3 Tipo de Solo

As médias dos valores de MOE obtidas em cada tipo de solo (normal ou estéril) não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si.

Solo 1 (Não estéril)

Para o solo não estéril foram analisados os valores médios de MOE obtidos nas diferentes concentrações de solução e nos diferentes tempos de imersão. De acordo com a análise estatística, houve diferença significativa entre os valores obtidos nas diferentes concentrações. A diferença foi observada entre a concentração 3 e 1 (10% e 0%); a concentração 3 apresentou a maior média enquanto que a concentração 1 a menor. No entanto, ambos os valores não se diferenciam estatisticamente das demais concentrações (Figura 54).

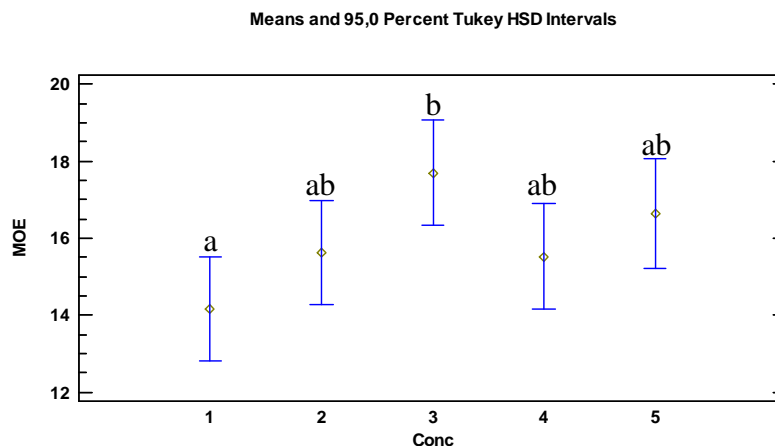


Figura 54. Valores médios de MOE para as diferentes concentrações no solo 1 (não estéril). Concentrações – 0% (1); 5% (2); 10% (3), 20% (4) e 30% (5). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

Solo 2 (Estéril)

As análises estatísticas dos valores médios de MOE encontrados para o solo estéril não indicaram diferença significativa em nenhum grupo (concentração ou tempo de imersão).

5.4.5 Ensaio de Flexão Estática (MOR)

Por meio do ensaio de flexão estática obtiveram-se os valores de MOR dos corpos-de-prova para todas as concentrações, tempos de imersão e tipos de solo, após as 16 semanas do ensaio acelerado (Tabela 120 – Anexo 11).

Foram calculadas as médias para cada fator e por meio das análises estatísticas (Anexo 12) verificou-se que os fatores tempo de imersão e tipo de solo apresentaram diferença estatisticamente significativa com nível de confiança de 95%. O tipo de solo, para a variável MOR, pareceu exercer certa influência sobre a resistência do material.

5.4.5.1 Tempo de imersão

As análises estatísticas das médias dos valores de MOR obtidos para o fator tempo de imersão indicaram diferença significativa entre os valores dos tempos 2 e 4 (45 min e 180 min), sendo o tempo de imersão 180 minutos o que apresentou maior valor médio de MOE e o tempo de imersão 45 minutos aquele que apresentou o menor valor médio. Apesar de

apresentarem diferença significativa entre si, ambos não se diferenciaram dos demais tempos (Figura 55).

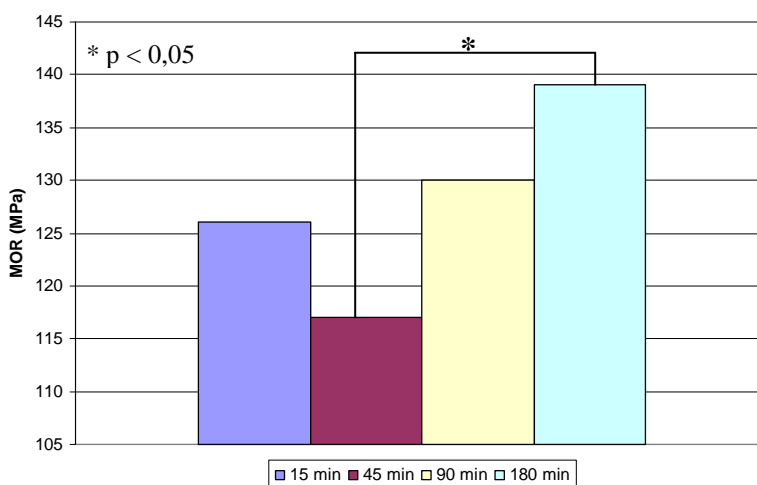


Figura 55. Média dos valores de MOR para cada tempo de imersão. * denota diferença significativa com nível de confiança de 95%.

Tempos de Imersão 1 e 4 (15 min e 180 min)

Nos tempos de imersão 1 e 4 (15 e 180 min) verificaram-se diferenças significativas entre os valores médios para os fatores concentração e tipo de solo. No tempo de imersão 15 minutos, os valores das concentrações 4 e 5 (20% e 30%), iguais entre si, apresentaram diferença significativa entre a concentração 3 (15%), na qual se observou o maior valor médio de MOR. Tal valor, no entanto, não apresentou diferença estatística em relação às concentrações 1 e 2 (0% e 5%), assim como estas também não se diferenciaram dos valores das concentrações 4 e 5 (Figura 56).

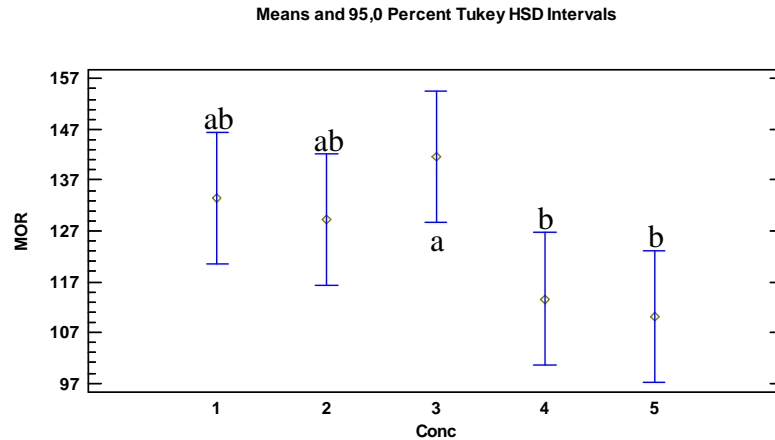


Figura 56. Valores médios de MOR para as diferentes concentrações no tempo de imersão 1 (15 min). Concentrações – 0% (1); 5% (2); 10% (3), 20% (4) e 30% (5). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

No tempo de imersão 180 minutos, os valores da concentração 3 (15%) também apresentaram diferença significativa entre outras concentrações, desta vez entre as concentrações 1 e 4 (0% e 20%), iguais entre si. Na concentração 15% é onde se foi observado maior média de MOR; no entanto, estatisticamente, essa média é igual àquelas obtidas nas concentrações 2 e 5 (5% e 30%) que, por sua vez, são iguais estatisticamente às concentrações 1 e 4 (Figura 57).

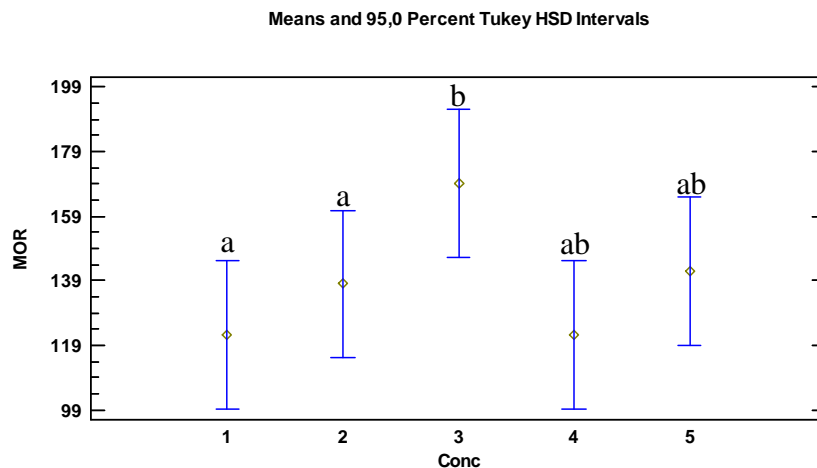


Figura 57. Valores médios de MOR para as diferentes concentrações no tempo de imersão 4 (180 min). Concentrações – 0% (1); 5% (2); 10% (3), 20% (4) e 30% (5). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

Os valores médios de MOR obtidos para o fator tipo de solo apresentaram diferença estatística nos tempos de imersão 1 e 4 (15 e 180 min) (Figuras 58 e 59). Em ambos os casos o solo não estéril apresentou valores médios menores que o solo estéril.

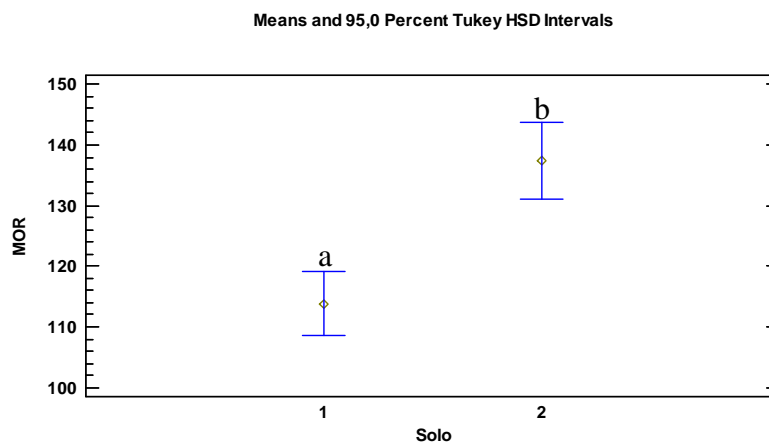


Figura 58. Valores médios de MOR para os diferentes tipos de solo no tempo de imersão 1 (15 min). Tipos de solo – não estéril (1) e estéril (2). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significante com nível de confiança 95%.

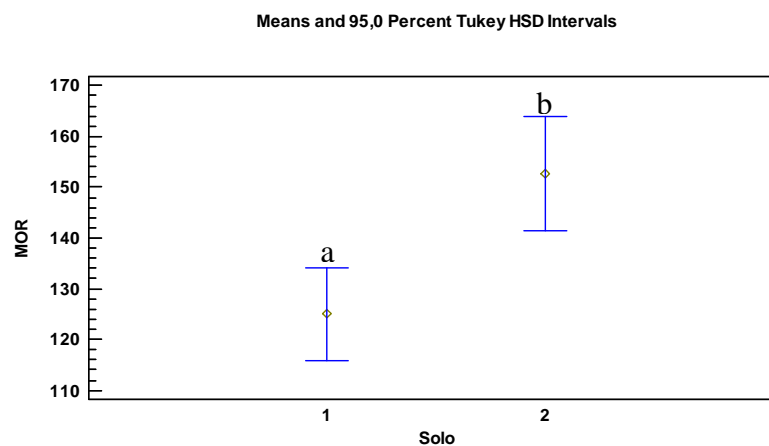


Figura 59. Valores médios de MOR para os diferentes tipos de solo no tempo de imersão 4 (180 min). Tipos de solo – não estéril (1) e estéril (2). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significante com nível de confiança 95%.

5.4.5.2 Concentração

As médias de valores de MOR para o fator concentração não apresentaram diferença estatística ao nível de confiança de 95%.

Concentrações 1 e 2 (0% e 5%)

Pelas análises estatísticas dos valores médios de MOR encontrados para as concentrações 0% e 5% foi verificada diferença estatística entre os tipos de solo utilizados no ensaio acelerado de laboratório (Figuras 60 e 61). Para estas concentrações o solo não estéril também apresentou valores médios menores que os do solo estéril.

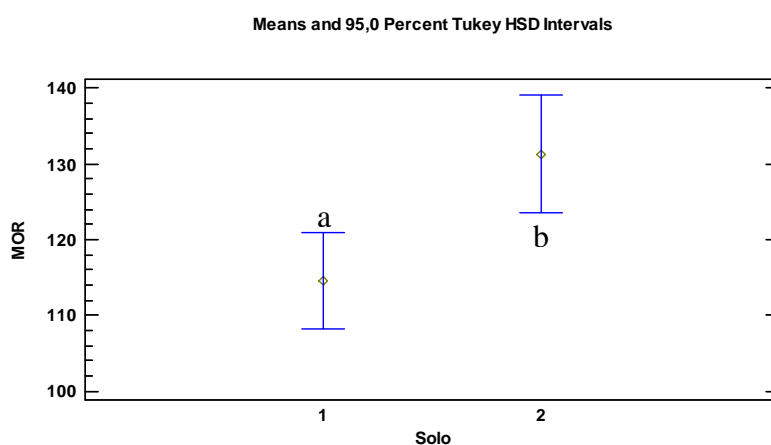


Figura 60. Valores médios de MOR para os diferentes tipos de solo na concentração 1 (0%). Tipos de solo – não estéril (1) e estéril (2). Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

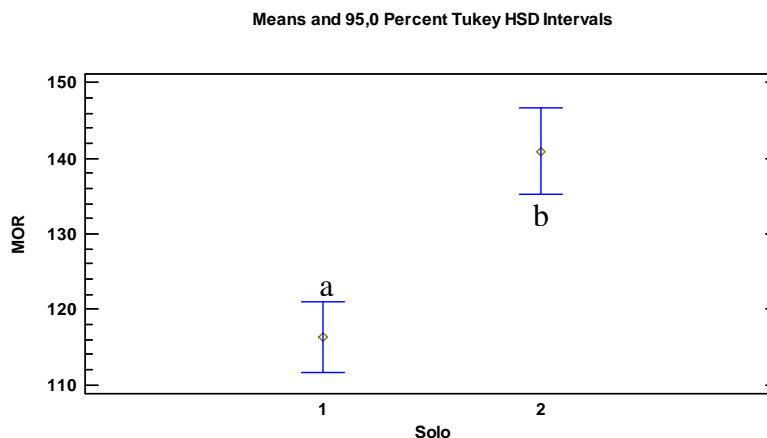


Figura 61. Valores médios de MOR para os diferentes tipos de solo na concentração 2 (5%). Tipos de solo – não estéril (1) e estéril (2). Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

Concentração 3 (10%)

Para a concentração 10% foi encontrada diferença estatística entre os valores médios de MOR obtidos nos diferentes tempos de imersão. Houve diferença significativa entre os tempos 2 e 4 (45 e 180 min). O tempo de imersão 180 minutos apresentou maior média de MOR, no entanto esta não se diferencia estatisticamente das médias apresentadas pelos tempos de imersão 1 e 3 (15 e 90 min) (Figura 62).

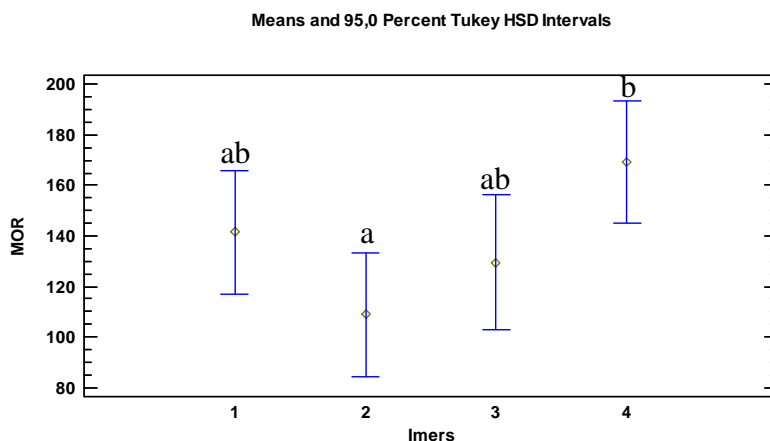


Figura 62. Valores médios de MOR para os diferentes tempos de imersão na concentração 3 (10%). Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2); 90 min (3) e 180 min (4). Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

Concentrações 4 e 5 (20% e 30%)

Pelas análises estatísticas dos valores médios de MOR obtidos nas concentrações 20% e 30% foram observadas diferenças significativas entre os grupos tempo de imersão e tipos de solo. Na concentração 20%, o tempo de imersão 3 (90 min) apresentou valores médios de MOR maiores significativamente que os tempos de imersão 1 e 2 (15 e 45 min), porém iguais estatisticamente do tempo 4 (180 min) (Figura 63).

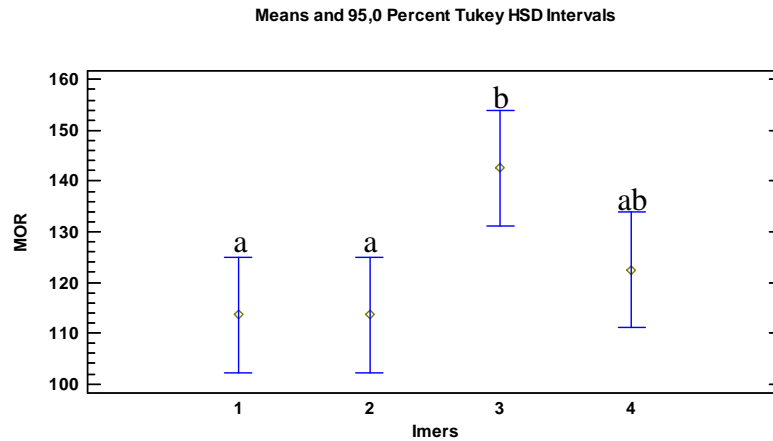


Figura 63. Valores médios de MOR para os diferentes tempos de imersão na concentração 4 (20%). Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2); 90 min (3) e 180 min (4). Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

Já na concentração 30%, os tempos de imersão 1 e 4 (15 e 180 min) mostraram diferença significativa, sendo o tempo de imersão 180 minutos aquele com maior MOR (Figura 64).

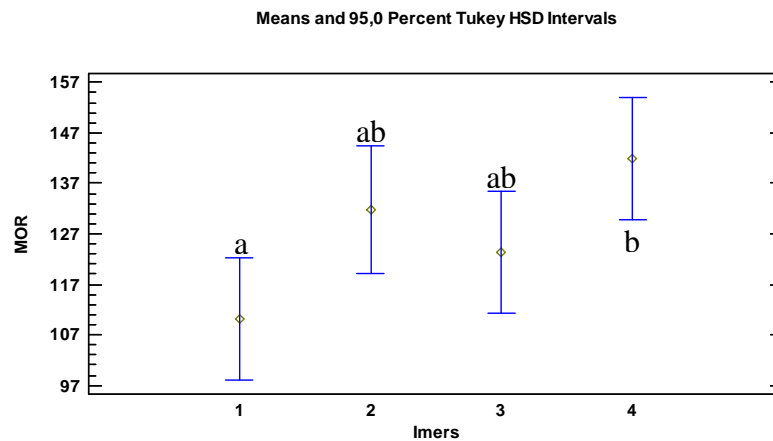


Figura 64. Valores médios de MOR para os diferentes tempos de imersão na concentração 5 (30%). Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2); 90 min (3) e 180 min (4). Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

Quanto ao tipo de solo, em ambas as concentrações (20 e 30%) o solo não estéril apresentou valores médios de MOR significativamente menores que os apresentados pelo solo estéril (Figuras 65 e 66).

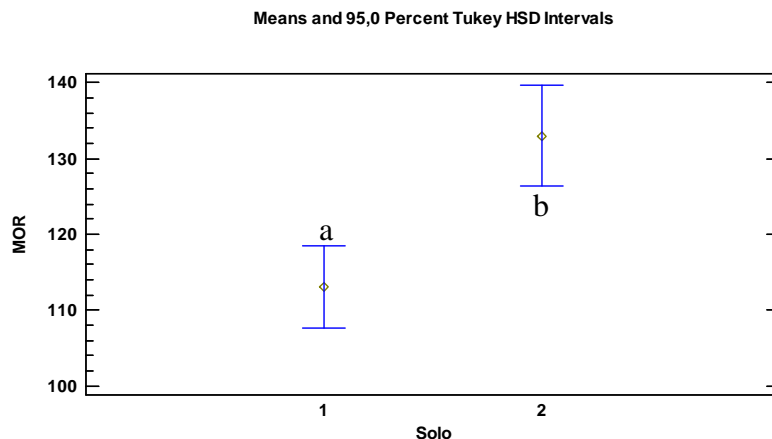


Figura 65. Valores médios de MOR para os diferentes tipos de solo na concentração 4 (20%). Tipos de solo – não estéril (1) e estéril (2). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

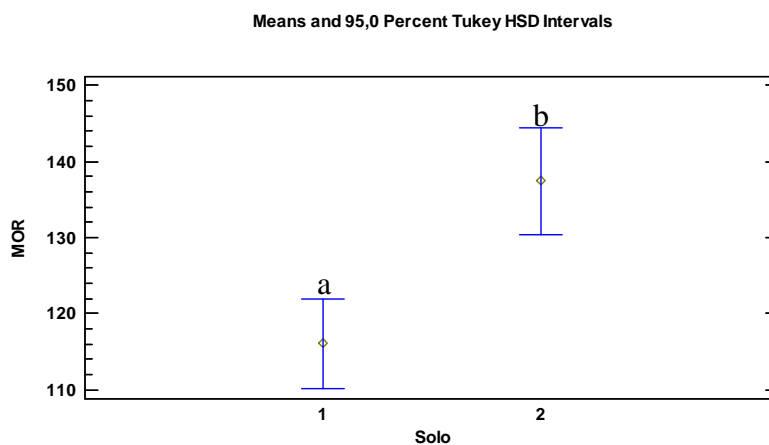


Figura 66. Valores médios de MOR para os diferentes tipos de solo na concentração 5 (30%). Tipos de solo – não estéril (1) e estéril (2). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa com nível de confiança 95%.

5.4.5.3 Tipo de solo

As médias dos valores de MOR obtidos para o fator tipo de solo indicaram diferença significativa entre os valores do solo 1 (não estéril) e 2 (estéril). Os valores apresentados pelo solo não estéril eram significativamente menores que aqueles apresentados pelo solo estéril (Figura 67). A sugestão de uma possível degradação dos corpos-de-prova enterrados no solo não estéril, portanto, suscetíveis ao ataque de microrganismos, pode explicar a diminuição da

resistência do material em relação aos corpos-de-prova enterrados em solo estéril (ou seja, livre de microrganismos).

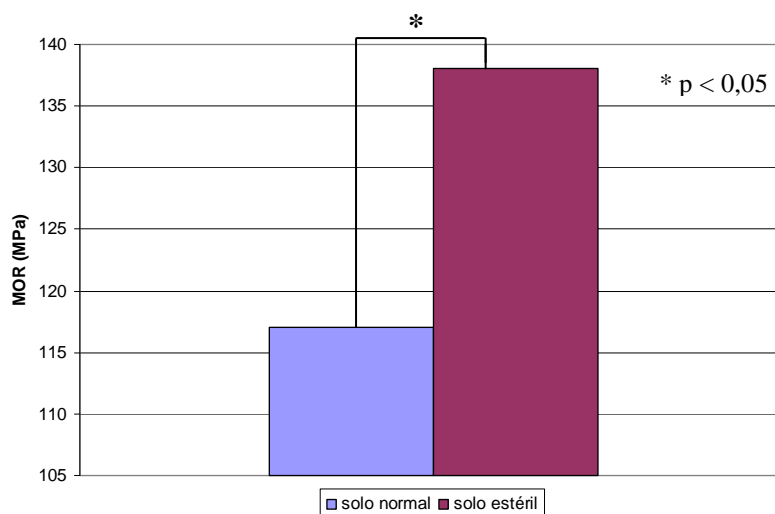


Figura 67. Média dos valores de MOR para cada tipo de solo. * denota diferença estatisticamente significante com nível de confiança de 95%.

Solo 1 (Não estéril)

As análises dos valores médios de MOR obtidos para o solo 1 nas diferentes concentrações de solução e nos diferentes tempos de imersão indicaram diferença estatística entre os tempos de imersão 2 e 4 (45 e 180 min) somente, sendo os tempos de imersão 1 e 3 (15 e 90 min) iguais entre si e iguais aos tempos 2 e 4, estatisticamente (Figura 68).

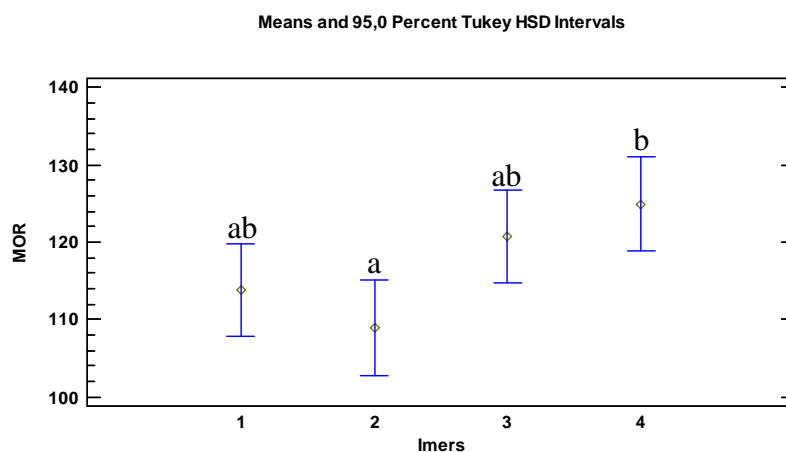


Figura 68. Valores médios de MOR para os diferentes tempos de imersão no solo 1 (não estéril). Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2); 90 min (3) e 180 min (4). As letras diferentes indicam diferença estatisticamente significante com nível de confiança 95%.

Solo 2 (Estéril)

As análises estatísticas dos valores médios de MOR encontrados para o solo estéril não indicaram diferença significativa em nenhum grupo (concentração ou tempo de imersão).

5.5 Microscopia óptica

Pelas imagens obtidas da análise de microscopia óptica não foi possível observar diferenças na anatomia e na coloração dos corpos-de-prova em relação às diferentes concentrações e diferentes tempos de tratamento das amostras e de amostras testemunhas (sem tratamento).

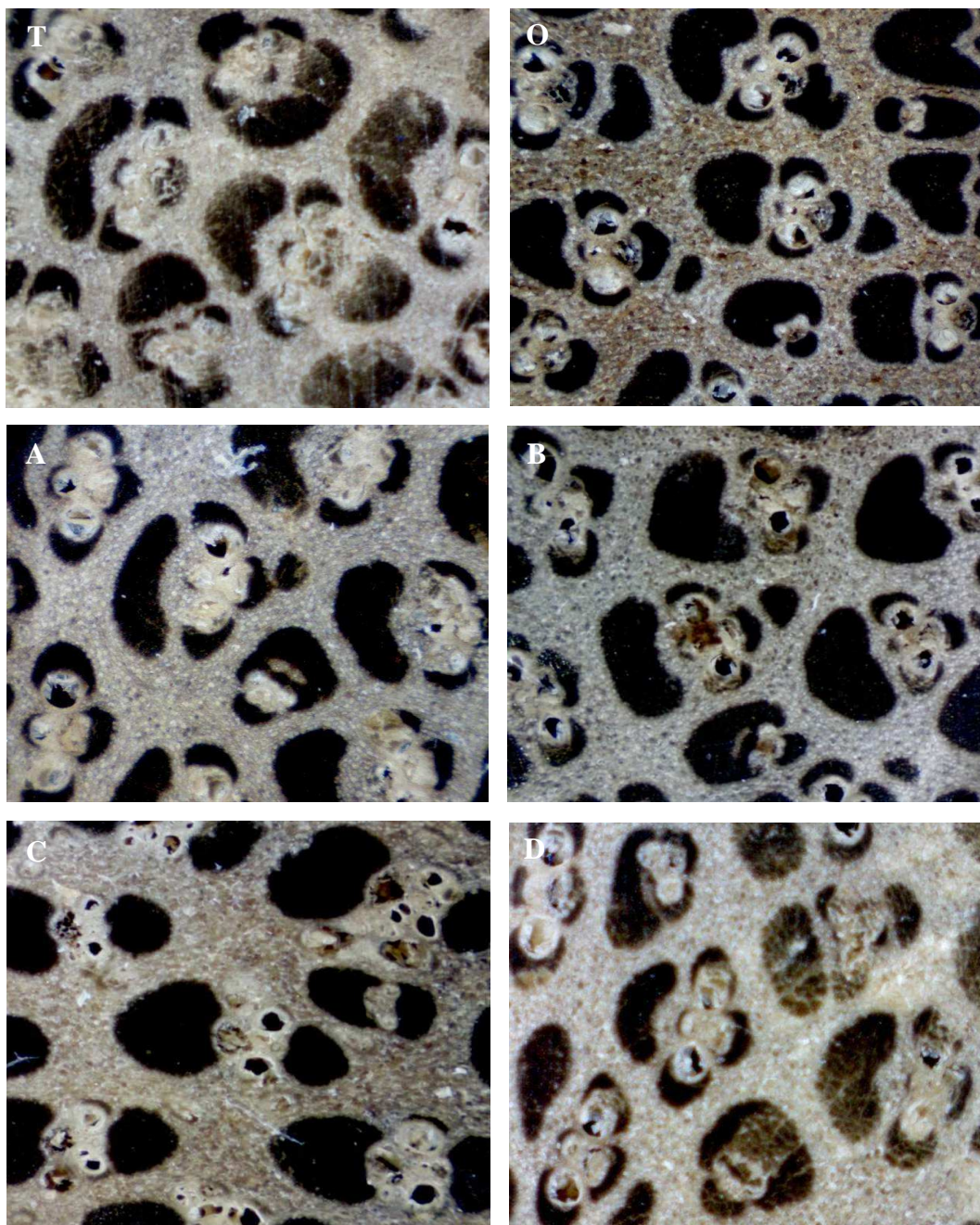


Figura 69. Imagens de microscopia óptica de amostras de bambu testemunha (T) e tratadas com o ácido pirolenhoso nas concentrações 0% (O), 5% (A), 10% (B), 20% (C) e 30% (D). Aumento de 100x.

6. CONCLUSÕES

Os ensaios e análises realizados para avaliação da eficiência do ácido pirolenhoso como tratamento preservativo pelo método de imersão não indicaram diferença entre os corpos-de-prova testemunha (sem tratamento) e os diferentes tratamentos aplicados (diferentes concentrações e tempos de imersão). Ainda, nenhum corpo-de-prova apresentou perda de massa ou quaisquer sinais que evidenciassem uma deterioração do material. Desta forma, a ação protetora do ácido pirolenhoso, nas condições de tratamento e tempo de exposição aos quais os corpos-de-prova foram submetidos, não pôde ser observada quanto à sua possível eficiência no tratamento preservativo de taliscas de bambu gigante contra a deterioração por fungos, devido, principalmente, ao limitado período de 16 semanas de duração do ensaio .

6.1 Isolamento e identificação dos fungos

A metodologia utilizada para o isolamento e identificação dos fungos de bambu possibilitou identificar 8 espécies e 6 gêneros de fungos, 3 deles (dentre espécies e gêneros) com atividade deterioradora do bambu já descrita na literatura.

6.2 Ensaio acelerado de laboratório

As metodologias utilizadas como base para este ensaio necessitam de alguns ajustes, sobretudo quanto ao tempo de exposição das taliscas, que para o estudo em questão, com as medidas do corpo-de-prova adotadas no trabalho, foram insuficientes para evidenciar uma degradação evidente por parte dos fungos de interesse. O tipo de solo utilizado nos ensaios também pode ser considerado um fator de influência nos resultados. Machek *et al.* (2004) destacaram a importância de se utilizar substratos de solo padronizados e de condições bem definidas para ensaios de contato com solo para permitir uma comparação entre resultados de diferentes laboratórios.

6.3 Avaliação de perda de massa

Por meio desta análise não se pôde concluir, no período de até 16 semanas, que houve deterioração do bambu por parte dos fungos, já que não se observou perda de massa em nenhum dos grupos avaliados.

O tempo de exposição do ensaio acelerado, para as dimensões adotadas dos corpos-de-prova no presente trabalho, foi insuficiente para que houvesse uma degradação efetiva que pudesse ser mensurada por meio desta avaliação. Em estudo conduzido por Machek *et al.* (2004) para avaliação não-destrutiva de deterioração em madeiras tratadas, o período de monitoramento realizado para avaliação da perda de massa foi de 2, 4, 8 e 12 meses de exposição.

A falta de controle do teor de umidade dos corpos-de-prova e a provável aderência do solo aos mesmos não garantiram uma confiabilidade nos resultados para a avaliação da degradação do material por fungos por meio deste método.

6.4 Avaliação do E_d

As variações dos valores do módulo dinâmico detectadas durante o período de exposição do ensaio não foram suficientes para que se pudesse comprovar qualquer alteração nos corpos-de-prova que indicasse uma deterioração por fungos.

A variação no teor de umidade nos corpos-de-prova durante o ensaio acelerado exerceu grande influência sobre o ensaio de ultrassom, mascarando possíveis alterações morfológicas causadas por ataque de fungos.

6.5 Ensaio de Flexão

Os valores de MOE e MOR obtidos pelo ensaio de flexão estática apresentaram certa variação entre os grupos de tratamento em função de determinada variável, sobretudo o tempo de imersão e o tipo de solo. No entanto, tais dados não permitiram chegar a uma conclusão acerca da eficiência do tratamento preservativo, devido a fatores que possivelmente tenham afetado os resultados obtidos, como o período relativamente curto de realização do ensaio, quando comparado ao ensaio realizado por Machek *et al.* (2004) (monitoramento contínuo em um período de até 12 meses), assim como o teor de umidade e a densidade dos corpos-de-prova.

6.6 Sugestões para trabalhos futuros

- Confirmação da atividade deterioradora dos fungos identificados - É importante que sejam realizados ensaios de inoculação dos gêneros/espécies de fungos obtidos em amostras de

bambu para confirmação da atividade deterioradora daqueles já conhecidos e verificar a possibilidade de os demais em degradar o bambu;

- Seleção de fungos – Para se garantir que ocorra uma atividade deterioradora pelos fungos durante o ensaio acelerado e, assim, garantir uma correta avaliação da eficiência do tratamento preservativo, é recomendável que se inoculem os fungos identificados como deterioradores de bambu no solo a ser utilizado no ensaio. Considerando que a microbiota existente no solo pode variar de acordo com o tipo de solo e sua localização, é importante que a inoculação seja feita com os microrganismos adequados para aquele tipo de solo.

- Utilização de corpos-de-prova referência – Para a avaliação da eficiência de produtos preservativos recomenda-se a utilização de espécies de madeira de baixa durabilidade natural (ex.: *Pinus*) como referência.

- Tamanho dos corpos-de-prova – O tamanho do material a ser estudado também influencia no tempo demandado para que ocorra uma efetiva degradação, sendo esta mais rápida em corpos-de-prova com menores dimensões. Assim, sugere-se que as dimensões recomendadas pela norma do IPT sejam adotadas para se realizar um ensaio em paralelo com aquele destinado ao ensaio por ultrassom, sendo possível verificar, com mais facilidade e em menor tempo, os efeitos da atividade deterioradora de fungos nas amostras de bambu pelos métodos de inspeção visual e de perda de massa;

- Características dos corpos-de-prova – O conhecimento das características do bambu a ser utilizado como corpo-de-prova, tais como a origem, idade, espécie e região do colmo do qual foram extraídos os corpos-de-prova, é fundamental para que se possa ter um entendimento mais claro e preciso dos dados e resultados obtidos. Mais que isso, o ideal é que se tenha um controle sobre tais características a fim de se obter materiais homogêneos, minimizando assim a interferência destes fatores nos resultados. Para resultados mais confiáveis, é desejável que se obtenham bambus de mesma espécie e colmos de mesma idade, sendo as taliscas retiradas da região mediana do colmo e sem apresentarem os nós. Além disso, deve-se atentar à usinagem das peças para evitar o beneficiamento dos corpos-de-prova ao se retirar as regiões mais suscetíveis à deterioração, o que pode deixar o material com maior resistência natural aos agentes deterioradores.

7. ANEXO 1

Metodologia de extração de DNA de leveduras (BARTLETT e STIRLING, 2003) adaptada para fungos filamentosos.

1 – Crescer as hifas de fungos filamentosos em meio BDA (Dextrose Agar) líquido por aproximadamente 24 horas a 28 °C.

2 – Macerar os fungos filamentosos em nitrogênio líquido.

3 – Ressuspender o precipitado em 0,2 mL de tampão A (2% Triton X – 100, 1% SDS, 100 mM NaCl, 10 mM Tris-HCl, pH 8, 1 mM EDTA, pH 8). Adicionar 200 mg de pérolas de vidro 0,1 mm (3 colherinhas) e 0,2 mL 25 fenol: 24 clorofórmio: 1 álcool isoamílico (1 fenol: 1 CIA)

4 – Vortexar por 3 minutos e adicionar 0,2 mL de TE (Geladeira)

Tampão A (laboratório de Certificação de Alimentos – CENA/USP)

Tampão A 6 meses	100 amostras	50 amostras
Trito	400 µL	200 µL
SDS 10%	2000 µL	1000 µL
NaCl 5M	400 µL	200 µL
Tris	200 µL	100 µL
EDTA	40 µL	20 µL
Água MiliQ	16960 µL 16,960 mL	8480 µL 8,480 mL

5 – Centrifugar por 5 minutos a 15000 g e transferir o sobrenadante a um novo tubo.

6 – Adicionar 400 µL de CIA e centrifugar por 5 min a 15000 g. Transferir o sobrenadante a um novo tubo.

7 – Adicionar 1 mL de álcool 100% a este novo tubo e centrifugar a 15000 g por 2 minutos.

8 – Descartar o sobrenadante e repetir passo 7.

9 – Descartar o sobrenadante e ressuspender o pellet em 0,4 mL de TE (não secar o pellet).

10 – Adicionar 10 µL de 4 M de acetato de amônio, misturar e adicionar 1 mL de etanol 100% e misturar

11 – Centrifugar a 15000 g por 2 minutos e secar o pellet. Ressuspender em 50 µL de RNase (TRIS RNase) em banho-maria a 35 °C por 30 minutos.

ANEXO 2

Tratamento do bambu com ácido pirolenhoso (maio/2009) (Fornecido por Oré Brasil – Campo Alegre/SC)

1. Processo de cozimento

- a) O bambu, acondicionado em pallets, é colocado em um tanque com um volume de 2.500 litros, com o auxílio de uma empilhadeira.
- b) Sobre o bambu é despejada uma solução aquosa de ácido pirolenhoso a 30% até que o bambu esteja encoberto pelo nível da solução.
- c) O tanque é então aquecido até atingir o ponto de fervura.
- d) Após três horas o bambu é retirado do tanque e deixado para escorrer.

2. Processo de secagem

- a) O bambu é introduzido em uma estufa a vácuo, regulada para temperatura de 95,5 °C.
- b) Após 8 horas o bambu é retirado, com um teor de umidade final em torno de 7%.

3. Tabela das condições de processo

Item	Aspecto considerado	Nome da variável	Faixa de variação
1	mat. prima - ácido	tempo de decantação	6 meses (mín.)
2	- bambu	espécies	2
3	- bambu	dimensões máximas*	20 cm x 2 cm x 1,5 cm
4	processo de cozimento	volume	2.500 litros
5		temperatura	100 °C
6		pressão	1,0 atm
7		concentração do ácido	30%
8		tempo de cozimento	3 horas
9	processo de secagem	temperatura na estufa	95,5 °C
10		pressão na estufa	
11		tempo na estufa	8 horas
12		umidade final do bambu	7%

*Dimensões modificadas para realização dos ensaios.

ANEXO 3

Tabela 3. Teor de umidade dos corpos-de-prova testemunha (sem tratamento).

Corpos-de-prova	h_0 (%)	h_6 (%)	h_{16} (%)
T_1	6,69	13,62	14,22
T_2	6,04	12,41	12,53
T_3	7,58	15,16	15,07
T_4	11,06	14,72	14,35
T_5	6,39	12,88	11,96
T_6	5,72	14,39	14,57
T_7	4,42	13,26	12,34
T_8	7,58	14,34	13,88
T_9	6,32	13,05	12,11
T_{10}	7,55	15,49	14,34

Teor de umidade (h) nos tempos de exposição zero semanas (h_0); seis semanas (h_6) e dezesseis semanas (h_{16}).

Tabela 4. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 0% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.

Corpos-de-prova	h₀(%)	h₆(%)	h₁₆(%)
O15₁	1,96	12,73	11,97
O15₂	3,07	12,70	11,27
O15₃	0,00	13,08	12,97
O15₄	1,88	12,67	11,94
O15₅	4,33	14,11	14,21
O15₆	2,32	14,02	14,02
O15₇	0,94	12,54	13,84
O15₈	2,32	14,56	14,23
O15₉	2,27	13,64	13,82
O15₁₀	2,12	14,03	13,92
O45₁	3,89	14,99	14,80
O45₂	2,28	13,56	13,99
O45₃	1,68	12,55	12,75
O45₄	2,73	14,57	14,10
O45₅	-0,19	13,05	12,46
O45₆	3,74	14,51	13,98
O45₇	5,02	15,15	14,62
O45₈	5,90	15,80	14,91
O45₉	2,05	13,18	12,01
O45₁₀	2,57	12,77	12,15

Tabela 5. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 0% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.

Corpos-de-prova	h₀(%)	h₆(%)	h₁₆(%)
O90₁	0,63	12,47	11,83
O90₂	2,28	14,12	14,48
O90₃	2,92	14,26	14,04
O90₄	2,39	13,55	14,22
O90₅	6,63	18,34	18,34
O90₆	0,66	14,18	13,90
O90₇	2,00	12,69	11,58
O90₈	1,33	12,18	12,07
O90₉	2,26	14,42	14,08
O90₁₀	2,26	13,43	15,25
O180₁	2,87	14,05	13,74
O180₂	2,57	13,79	13,79
O180₃	1,81	12,56	12,08
O180₄	2,55	13,67	15,04
O180₅	0,62	12,25	12,77
O180₆	1,37	12,23	11,86
O180₇	2,53	14,07	13,66
O180₈	2,09	14,49	14,24
O180₉	0,60	12,56	12,05
O180₁₀	2,89	12,49	11,93

Teor de umidade (h) nos tempos de exposição zero semanas (h₀); seis semanas (h₆) e dezesseis semanas (h₁₆).

Tabela 6. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 5% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.

Corpos-de-prova	h₀(%)	h₆(%)	h₁₆(%)
A15₁	1,81	13,07	12,04
A15₂	3,51	12,82	15,77
A15₃	4,16	12,47	11,95
A15₄	3,03	12,48	12,24
A15₅	6,76	15,33	14,09
A15₆	3,41	13,17	14,83
A15₇	6,60	14,45	14,03
A15₈	6,08	14,38	14,10
A15₉	4,96	14,27	13,86
A15₁₀	2,90	13,12	13,87
A45₁	3,34	12,56	12,46
A45₂	3,50	12,46	12,03
A45₃	2,62	12,52	11,59
A45₄	1,86	12,12	11,79
A45₅	5,88	14,30	14,30
A45₆	4,22	13,80	14,21
A45₇	5,58	13,49	13,91
A45₈	2,91	13,78	14,53
A45₉	4,49	14,44	14,76
A45₁₀	3,86	14,60	14,91

Tabela 7. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 5% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.

Corpos-de-prova	h₀(%)	h₆(%)	h₁₆(%)
A90₁	4,07	12,69	12,11
A90₂	4,97	12,58	12,58
A90₃	2,89	12,91	11,98
A90₄	3,06	12,95	11,55
A90₅	3,86	14,19	14,67
A90₆	3,23	13,94	13,76
A90₇	2,39	13,30	13,94
A90₈	5,18	14,70	14,51
A90₉	2,98	14,00	14,36
A90₁₀	5,31	14,36	14,78
A180₁	3,10	13,07	12,40
A180₂	1,99	12,96	12,19
A180₃	3,90	13,37	12,13
A180₄	3,08	12,64	12,64
A180₅	3,04	13,61	14,55
A180₆	5,57	14,11	14,20
A180₇	3,88	14,27	14,47
A180₈	3,50	14,26	14,26
A180₉	4,37	14,55	14,96
A180₁₀	3,09	14,50	13,93

Teor de umidade (h) nos tempos de exposição zero semanas (h₀); seis semanas (h₆) e dezesseis semanas (h₁₆).

Tabela 8. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 10% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.

Corpos-de-prova	$h_0(\%)$	$h_6(\%)$	$h_{16}(\%)$
B15₁	5,02	13,93	13,81
B15₂	2,10	12,74	11,41
B15₃	1,94	13,20	12,33
B15₄	2,97	13,53	12,14
B15₅	2,08	12,94	11,95
B15₆	1,98	13,44	13,75
B15₇	4,11	14,86	14,13
B15₈	3,11	13,77	13,98
B15₉	2,10	13,95	14,06
B15₁₀	3,15	14,47	14,00
B45₁	1,21	12,74	12,28
B45₂	2,40	12,54	11,74
B45₃	3,63	13,18	12,32
B45₄	3,25	12,88	11,94
B45₅	6,15	14,62	14,04
B45₆	2,96	14,01	13,93
B45₇	4,67	14,70	14,35
B45₈	3,10	14,34	14,14
B45₉	4,21	14,77	13,80
B45₁₀	1,46	12,94	14,17

Tabela 9. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 10% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.

Corpos-de-prova	$h_0(\%)$	$h_6(\%)$	$h_{16}(\%)$
B90₁	2,11	13,12	12,45
B90₂	1,12	12,24	11,96
B90₃	1,96	12,93	11,69
B90₄	1,67	4,75	12,16
B90₅	2,94	14,54	13,56
B90₆	-0,77	14,60	13,83
B90₇	2,29	13,65	13,76
B90₈	5,40	14,48	13,68
B90₉	1,24	13,68	14,03
B90₁₀	0,24	14,00	13,76
B180₁	3,15	13,30	12,11
B180₂	3,13	12,60	11,91
B180₃	1,14	12,41	11,88
B180₄	1,30	13,14	12,19
B180₅	1,63	13,40	13,75
B180₆	2,52	13,91	13,91
B180₇	3,36	14,41	14,00
B180₈	3,88	14,83	13,90
B180₉	1,26	13,94	13,55
B180₁₀	0,72	13,89	14,25

Teor de umidade (h) nos tempos de exposição zero semanas (h_0); seis semanas (h_6) e dezesseis semanas (h_{16}).

Tabela 10. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 20% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.

Corpos-de-prova	$h_0(\%)$	$h_6(\%)$	$h_{16}(\%)$
C15 ₁	1,36	13,94	13,94
C15 ₂	1,73	12,94	11,43
C15 ₃	1,64	14,55	15,10
C15 ₄	0,46	13,17	12,35
C15 ₅	1,04	13,46	11,90
C15 ₆	1,94	14,33	13,86
C15 ₇	0,54	14,33	13,90
C15 ₈	1,04	12,90	11,86
C15 ₉	1,41	14,13	14,25
C15 ₁₀	1,67	14,60	10,11
C45 ₁	1,56	14,19	24,18
C45 ₂	1,36	14,25	14,34
C45 ₃	0,10	13,27	12,16
C45 ₄	-0,29	13,21	12,05
C45 ₅	1,08	13,91	12,25
C45 ₆	1,71	12,94	12,41
C45 ₇	0,41	13,92	13,72
C45 ₈	2,15	14,52	13,71
C45 ₉	0,59	13,85	13,95
C45 ₁₀	1,70	13,60	14,24

Tabela 11. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 20% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.

Corpos-de-prova	$h_0(\%)$	$h_6(\%)$	$h_{16}(\%)$
C90 ₁	0,86	13,21	11,96
C90 ₂	0,22	13,55	13,77
C90 ₃	3,31	14,90	14,70
C90 ₄	2,65	14,40	14,75
C90 ₅	1,62	13,23	12,15
C90 ₆	1,62	13,06	12,33
C90 ₇	2,24	14,17	14,00
C90 ₈	-0,48	12,51	11,84
C90 ₉	3,15	15,85	15,09
C90 ₁₀	0,37	13,50	14,06
C180 ₁	-1,83	12,06	12,18
C180 ₂	-0,55	13,50	13,83
C180 ₃	-1,53	13,49	13,57
C180 ₄	-1,20	12,21	11,34
C180 ₅	-0,32	12,58	12,26
C180 ₆	-0,92	13,05	13,77
C180 ₇	0,30	12,98	13,97
C180 ₈	-1,01	13,37	15,38
C180 ₉	2,19	15,18	14,95
C180 ₁₀	-0,39	12,72	12,04

Teor de umidade (h) nos tempos de exposição zero semanas (h_0); seis semanas (h_6) e dezesseis semanas (h_{16}).

Tabela 12. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 30% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.

Corpos-de-prova	$h_0(\%)$	$h_6(\%)$	$h_{16}(\%)$
D15 ₁	1,17	12,17	11,85
D15 ₂	0,47	12,79	14,29
D15 ₃	2,06	13,39	14,14
D15 ₄	1,38	12,49	11,53
D15 ₅	1,48	13,38	14,96
D15 ₆	3,96	14,86	14,29
D15 ₇	5,20	13,12	12,10
D15 ₈	2,16	14,06	14,06
D15 ₉	1,49	13,37	13,37
D15 ₁₀	0,92	13,06	11,96
D45 ₁	6,18	15,82	14,42
D45 ₂	0,72	13,32	11,64
D45 ₃	2,44	14,30	14,41
D45 ₄	-0,31	13,39	12,76
D45 ₅	4,99	14,88	13,84
D45 ₆	2,05	14,05	14,51
D45 ₇	2,54	15,04	13,94
D45 ₈	2,92	14,48	14,14
D45 ₉	2,97	13,25	12,15
D45 ₁₀	0,90	12,97	12,18

Tabela 13. Teor de umidade dos corpos-de-prova tratados com produto a 30% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.

Corpos-de-prova	$h_0(\%)$	$h_6(\%)$	$h_{16}(\%)$
D90 ₁	0,75	12,82	12,07
D90 ₂	0,22	13,55	14,98
D90 ₃	1,72	14,86	14,04
D90 ₄	0,00	13,03	13,03
D90 ₅	0,90	14,35	14,71
D90 ₆	1,43	12,98	12,43
D90 ₇	1,50	12,76	13,56
D90 ₈	1,66	14,41	13,97
D90 ₉	1,42	14,65	13,54
D90 ₁₀	3,04	13,26	11,88
D180 ₁	1,79	13,92	14,02
D180 ₂	1,49	14,17	14,33
D180 ₃	-1,36	12,73	11,80
D180 ₄	0,00	12,30	11,48
D180 ₅	-0,09	12,45	11,91
D180 ₆	1,78	14,47	14,00
D180 ₇	0,59	14,31	13,55
D180 ₈	1,08	12,57	11,89
D180 ₉	1,92	14,29	14,37
D180 ₁₀	1,67	14,43	14,10

Teor de umidade (h) nos tempos de exposição zero semanas (h_0); seis semanas (h_6) e dezesseis semanas (h_{16}).

ANEXO 4

Tabela 14. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (V_{LLsat}) para os três tempos de exposição em corpos-de-prova testemunha (sem tratamento).

Corpos-de-prova	V_{LLsat0}	V_{LLsat6}	$V_{LLsat16}$
T_1	-	-	-
T_2	4696,834	3476,299	4533,354
T_3	4830,389	3789,994	4594,352
T_4	4724,432	3744,280	4728,412
T_5	4973,943	3978,183	4920,546
T_6	4557,209	3512,508	4503,136
T_7^*	4656,814	3516,961	4672,201
T_8^*	4976,725	3712,227	4863,146
T_9^*	4884,577	3941,847	4819,477
T_{10}^*	5183,243	3864,578	5001,790

Corpos-de-prova sem valores de V_{LL} apresentaram teor de umidade negativo. * = corpos-de-prova enterrados em solo estéril.

Tabela 15. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (V_{LLsat}) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 0% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.

Corpos-de-prova	V_{LLsat0}	V_{LLsat6}	$V_{LLsat16}$
O15 ₁	4985,675	3774,271	4830,361
O15 ₂	4992,105	4001,69	4989,642
O15 ₃	4374,357	3468,726	4380,709
O15 ₄	4740,258	3738,335	4721,88
O15 ₅	4404,338	3451,949	4432,733
O15 ₆	4995,74	3904,866	4881,823
O15 ₇ *	4698,193	3778,175	4781,148
O15 ₈ *	4685,800	3756,549	4808,378
O15 ₉ *	4923,143	3878,9	5056,413
O15 ₁₀ *	4701,201	3785,024	4729,323
O45 ₁	4564,228	3398,449	4469,028
O45 ₂	4815,462	3666,756	4780,309
O45 ₃	5150,164	3884,364	5052,437
O45 ₄	4385,278	3171,109	4208,814
O45 ₅	4496,376	3206,073	4432,269
O45 ₆	4308,132	3095,071	4290,493
O45 ₇ *	4934,341	3692,777	4846,006
O45 ₈ *	4838,009	3914,786	4805,702
O45 ₉ *	4808,373	3791,958	4764,083
O45 ₁₀ *	-	-	-

Tabela 16. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (V_{LLsat}) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 0% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.

Corpos-de-prova	V_{LLsat0}	V_{LLsat6}	$V_{LLsat16}$
O90 ₁	4722,402	3736,348	4576,03
O90 ₂	4393,517	3678,916	4355,595
O90 ₃	4977,575	3711,759	4784,419
O90 ₄	4534,807	3729,931	4708,343
O90 ₅	5043,498	3991,731	4872,564
O90 ₆	4943,76	3602,569	4867,811
O90 ₇ *	4850,337	3818,247	4798,565
O90 ₈ *	4920,222	3653,957	4844,259
O90 ₉ *	5126,844	4018,049	4975,319
O90 ₁₀ *	4626,13	3619,855	4642,145
O180 ₁	4718,936	3699,253	4679,134
O180 ₂	4772,295	3851,082	4805,433
O180 ₃	4940,082	4041,774	4776,043
O180 ₄	4806,412	3777,066	4733,519
O180 ₅	4593,206	3893,585	4565,962
O180 ₆	4790,516	3923,723	4776,018
O180 ₇ *	4815,834	3883,657	4683,859
O180 ₈ *	4783,558	3749,482	4352,158
O180 ₉ *	4413,969	3647,885	4658,913
O180 ₁₀ *	4550,908	3782,66	4929,408

Corpos-de-prova sem valores de V_{LL} apresentaram teor de umidade negativo. * = corpos-de-prova enterrados em solo estéril.

Tabela 17. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (V_{LLsat}) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 5% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.

Corpos-de-prova	V_{LLsat0}	V_{LLsat6}	$V_{LLsat16}$
A15 ₁	4586,279	3503,736	4638,088
A15 ₂	4937,373	3882,843	4904,213
A15 ₃	4954,916	3805,283	4912,053
A15 ₄	4591,217	3546,94	4536,036
A15 ₅	4624,32	3518,183	4604,294
A15 ₆	4630,626	3541,685	4702,797
A15 ₇ *	4700,433	3907,375	4615,899
A15 ₈ *	4535,373	3548,561	4505,574
A15 ₉ *	4710,576	3610,984	4655,091
A15 ₁₀ *	5033,894	3959,076	5020,077
A45 ₁	4826,689	3749,698	4935,274
A45 ₂	4602,023	3499,022	4672,165
A45 ₃	4628,889	3437,117	4633,412
A45 ₄	4905,789	3592,609	4889,355
A45 ₅	4910,2	3613,165	4811,599
A45 ₆	4500,507	3449,489	4694,874
A45 ₇ *	4417,51	3398,186	4351,725
A45 ₈ *	4724,774	3859,21	4777,243
A45 ₉ *	4587,925	3618,52	4601,307
A45 ₁₀ *	4706,483	3584,655	4770,11

Tabela 18. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (V_{LLsat}) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 5% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.

Corpos-de-prova	V_{LLsat0}	V_{LLsat6}	$V_{LLsat16}$
A90 ₁	4535,23	3615,734	4572,714
A90 ₂	4884,357	3577,939	4768,683
A90 ₃	4568,018	3541,618	4632,052
A90 ₄	5044,452	3683,395	4838,553
A90 ₅	4540,407	3468,879	4667,789
A90 ₆	4859,37	3643,955	4887,569
A90 ₇ *	4964,658	3701,348	4843,444
A90 ₈ *	4665,285	3523,423	4630,418
A90 ₉ *	4885,895	3933,613	4886,191
A90 ₁₀ *	4716,377	3619,118	4776,726
A180 ₁	4693,343	3528,8	4720,93
A180 ₂	4466,395	3512,457	4582,941
A180 ₃	5033,915	3919,377	4866,39
A180 ₄	4608,263	3784,314	4678,542
A180 ₅	4734,704	3883,708	4710,883
A180 ₆	4574,98	3689,086	4658,713
A180 ₇ *	4762,375	3825,399	4712,98
A180 ₈ *	4637,101	3896,619	4721,292
A180 ₉ *	4760,677	3913,103	4633,831
A180 ₁₀ *	4907,727	3880,312	4776,918

Corpos-de-prova sem valores de V_{LL} apresentaram teor de umidade negativo. * = corpos-de-prova enterrados em solo estéril.

Tabela 19. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (V_{LLsat}) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 10% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.

Corpos-de-prova	V_{LLsat0}	V_{LLsat6}	$V_{LLsat16}$
B15₁	4562,616	3328,407	4852,659
B15₂	4500,418	3573,129	4686,925
B15₃	4942,307	3583,359	5091,331
B15₄	5044,432	3955,72	5087,682
B15₅	4791,484	3551,528	4854,184
B15₆	4783,001	3723,451	4798,558
B15₇*	5009,397	3871,246	4969,481
B15₈*	4729,87	3683,414	4797,678
B15₉*	4820,321	3834,02	4602,283
B15₁₀*	4948,88	4048,612	5063,89
B45₁	4514,661	3232,176	4586,117
B45₂	4784,454	3773,184	4714,38
B45₃	4600,575	3179,662	4614,343
B45₄	4892,855	3674,124	4792,222
B45₅	4818,405	3535,649	4817,601
B45₆	4788,437	3652,278	4822,528
B45₇*	4246,257	3328,525	4299,256
B45₈*	4266,105	3335,6	4255,037
B45₉*	4521,539	3601,157	4491,719
B45₁₀*	4740,26	3477,49	4732,182

Tabela 20. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (V_{LLsat}) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 10% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.

Corpos-de-prova	V_{LLsat0}	V_{LLsat6}	$V_{LLsat16}$
B90₁	4429,976	3489,629	4542,537
B90₂	5026,302	3761,683	4937,11
B90₃	5003,63	3694,076	4963,811
B90₄	4658,236	3575,032	4760,213
B90₅	4913,115	3634,795	4829,522
B90₆	-	-	-
B90₇*	4749,876	3489,527	4661,534
B90₈*	5454,389	4281,159	5354,704
B90₉*	4990,073	3938,504	4197,264
B90₁₀*	4787,739	3617,547	4754,531
B180₁	5012,666	3855,644	4830,468
B180₂	4228,244	3494,917	4477,722
B180₃	4574,29	3777,868	4627,767
B180₄	4361,221	3507,686	4655,146
B180₅	5078,994	3926,58	4987,873
B180₆	4494,543	3745,582	4435,058
B180₇*	4427,034	3518,827	5014,181
B180₈*	4663,779	3790,394	4563,094
B180₉*	4450,879	3427,813	4579,849
B180₁₀*	4617,216	3762,658	4553,459

Corpos-de-prova sem valores de V_{LL} apresentaram teor de umidade negativo. * = corpos-deprova enterrados em solo estéril.

Tabela 21. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (V_{LLsat}) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 20% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.

Corpos-de-prova	V_{LLsat0}	V_{LLsat6}	$V_{LLsat16}$
C15₁	4787,987	3787,497	4788,522
C15₂	5097,985	3739,523	4913,503
C15₃	4453,144	3413,396	4378,846
C15₄	4917,069	3689,505	4988,532
C15₅	4816,201	3485,095	4765,543
C15₆	4825,951	3582,018	4619,957
C15₇*	4922,405	3564,324	4783,574
C15₈*	4718,123	3551,407	4653,02
C15₉*	5055,983	3808,544	4883,363
C15₁₀*	5010,592	3764,348	4919,035
C45₁	4327,161	3308,752	4710,014
C45₂	4643,208	3585,688	4624,401
C45₃	5144,382	3961,899	4953,031
C45₄	4651,034	3403,369	4690,099
C45₅	4596,197	3304,233	4534,663
C45₆	4912,231	3559,705	4929,259
C45₇*	4742,733	3423,029	4583,826
C45₈*	4386,235	3453,731	4291,812
C45₉*	4944,536	3695,056	4813,642
C45₁₀*	-	-	-

Tabela 22. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (V_{LLsat}) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 20% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.

Corpos-de-prova	V_{LLsat0}	V_{LLsat6}	$V_{LLsat16}$
C90₁	4921,87	3628,708	4875,746
C90₂	4961,847	3842,197	4828,5
C90₃	4589,541	3409,857	4407,65
C90₄	4631,113	3632,127	4605,46
C90₅	4786,566	3560,089	4615,646
C90₆	4826,724	3769,495	4834,867
C90₇*	4380,035	3634,56	4479,563
C90₈*	4684,593	3334,38	4654,29
C90₉*	4637,854	3390,613	4583,189
C90₁₀*	-	-	-
C180₁	-	-	-
C180₂	-	-	-
C180₃	-	-	-
C180₄	-	-	-
C180₅	-	-	-
C180₆	-	-	-
C180₇*	-	-	-
C180₈*	-	-	-
C180₉*	-	-	-
C180₁₀*	-	-	-

Corpos-de-prova sem valores de V_{LL} apresentaram teor de umidade negativo. * = corpos-deprova enterrados em solo estéril.

Tabela 23. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (V_{LLsat}) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 20% de concentração nos tempos de imersão 15 e 45 minutos.

Corpos-de-prova	V_{LLsat0}	V_{LLsat6}	$V_{LLsat16}$
D15 ₁	4434,122	3310,89	4368,26
D15 ₂	4752,842	3761,596	4684,775
D15 ₃	4643,232	3511,582	4782,826
D15 ₄	4830,621	3759,088	4810,332
D15 ₅	4354,404	3603,742	4545,468
D15 ₆	4722,075	3629,879	4815,348
D15 ₇ *	4779,543	3712,069	4771,525
D15 ₈ *	4728,172	3565,749	4753,865
D15 ₉ *	4609,251	3444,921	4595,275
D15 ₁₀ *	4722,282	3742,5	4753,592
D45 ₁	4606,367	3580,96	4580,954
D45 ₂	4954,778	3964,312	5063,059
D45 ₃	4677,308	3867,595	4622,297
D45 ₄	4689,329	3593,681	4692,01
D45 ₅	5017,418	3698,914	4974,34
D45 ₆	4965,343	3735,289	4798,374
D45 ₇ *	5036,258	4029,359	4970,677
D45 ₈ *	4743,396	3939,684	4811,018
D45 ₉ *	5011,492	3875,609	4953,049
D45 ₁₀ *	-	-	-

Tabela 24. Valores da velocidade para condição saturada de umidade (30%) (V_{LLsat}) para os três tempos de exposição dos corpos-de-prova tratados com produto a 20% de concentração nos tempos de imersão 90 e 180 minutos.

Corpos-de-prova	V_{LLsat0}	V_{LLsat6}	$V_{LLsat16}$
D90 ₁	5056,848	3651,906	5015,859
D90 ₂	4593,769	3782,248	4545,772
D90 ₃	4857,457	3613,107	4805,643
D90 ₄	4654,416	3439,239	4746,387
D90 ₅	5093,597	3610,943	5090,5
D90 ₆	4999,634	3855,665	4918,938
D90 ₇ *	5039,521	3795,282	4919,076
D90 ₈ *	5009,568	3702,189	4787,729
D90 ₉ *	5060,68	3714,688	4892,429
D90 ₁₀ *	4679,565	3553,553	4392,892
D180 ₁	4994,29	3839,974	4902,951
D180 ₂	4404,071	3734,457	4372,055
D180 ₃	4736,853	3560,633	4864,008
D180 ₄	4918,782	3849,699	4784,466
D180 ₅	4795,31	3800,46	4717,976
D180 ₆	4922,502	3841,261	4764,355
D180 ₇ *	4834,27	3659,052	4827,1
D180 ₈ *	4834,324	3778,097	4901,542
D180 ₉ *	-	-	-
D180 ₁₀ *	-	-	-

Corpos-de-prova sem valores de V_{LL} apresentaram teor de umidade negativo. * = corpos-deprova enterrados em solo estéril.

ANEXO 5

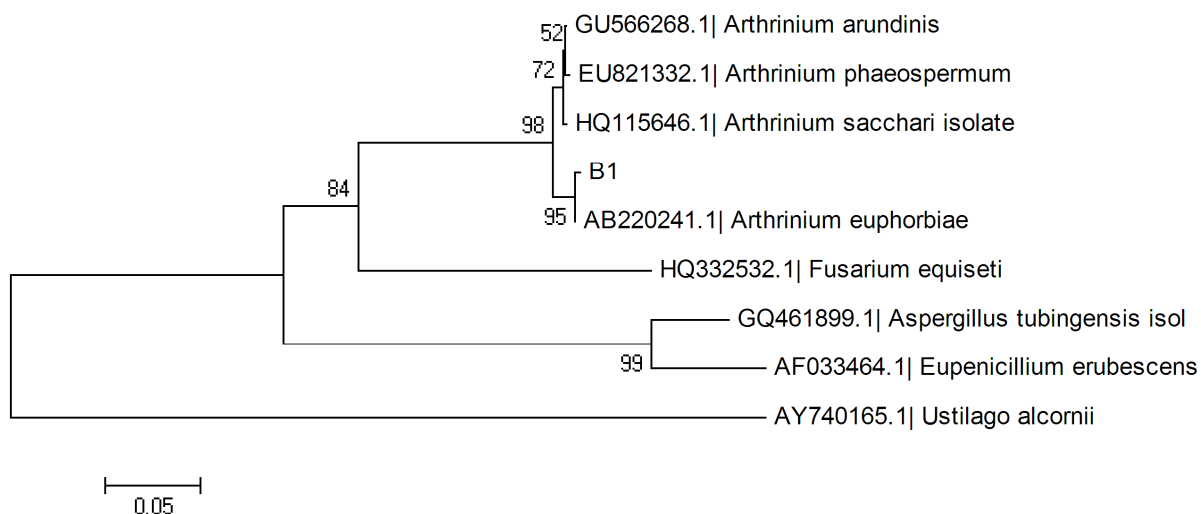


Figura 70. Árvore filogenética da amostra B1 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 560 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore não enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

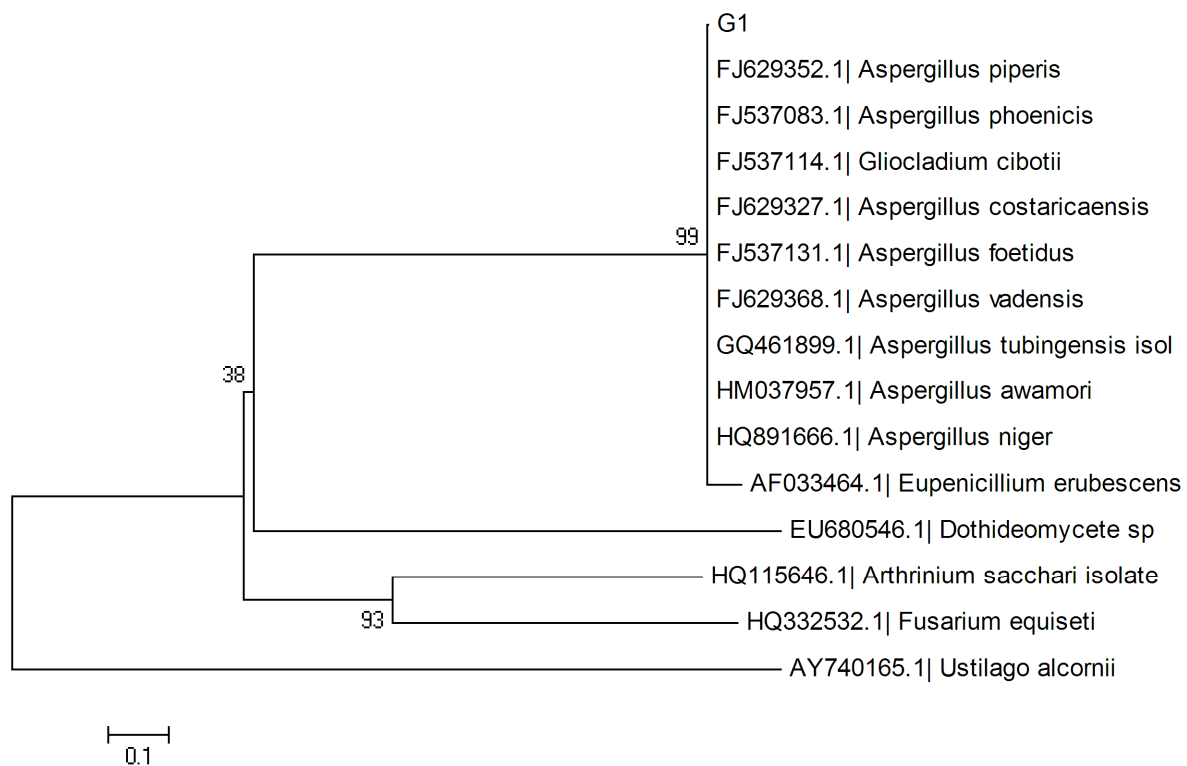


Figura 71. Árvore filogenética da amostra G1 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 540 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

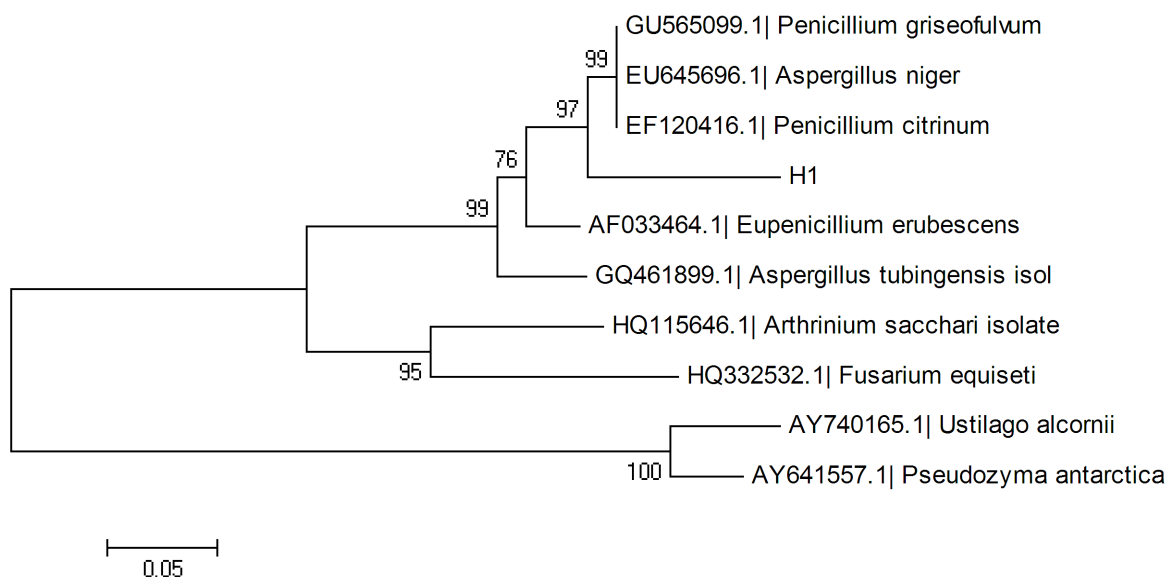


Figura 72. Árvore filogenética da amostra H1 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 480 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

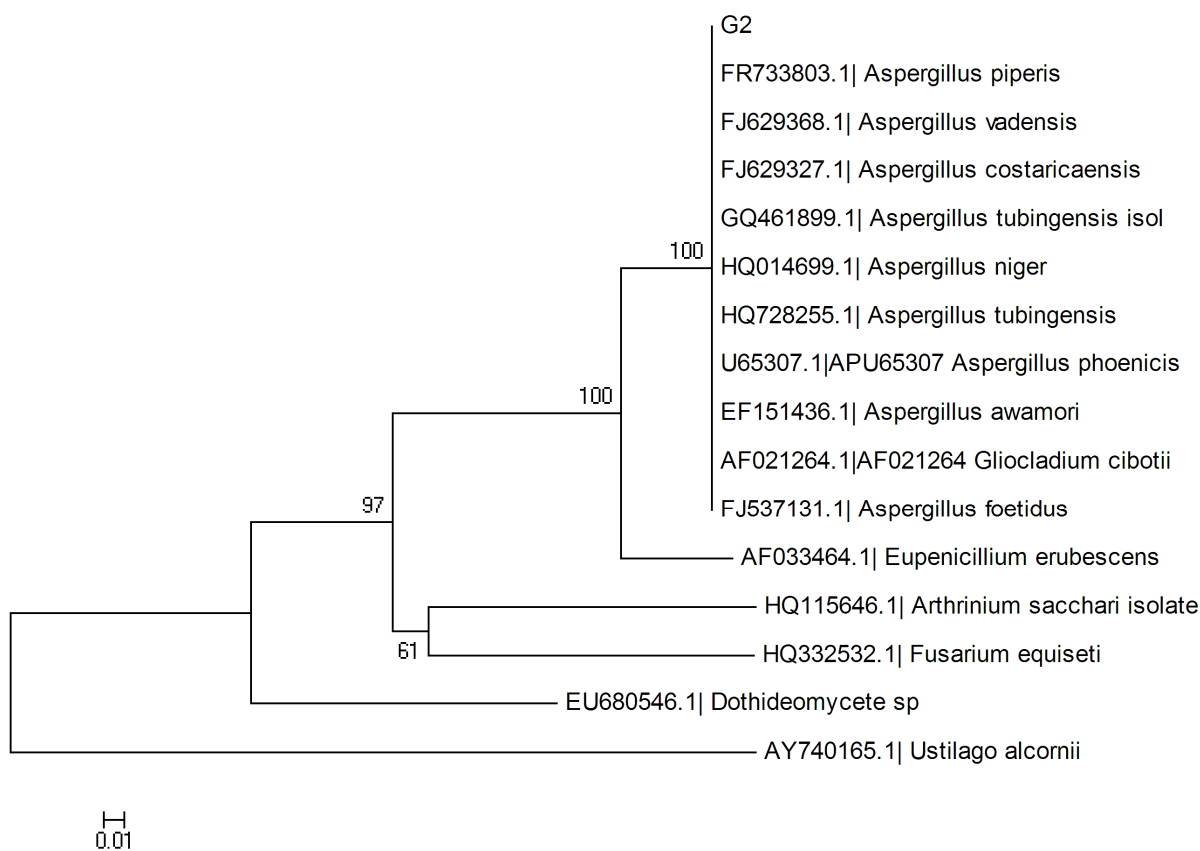


Figura 73. Árvore filogenética da amostra G2 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 590 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

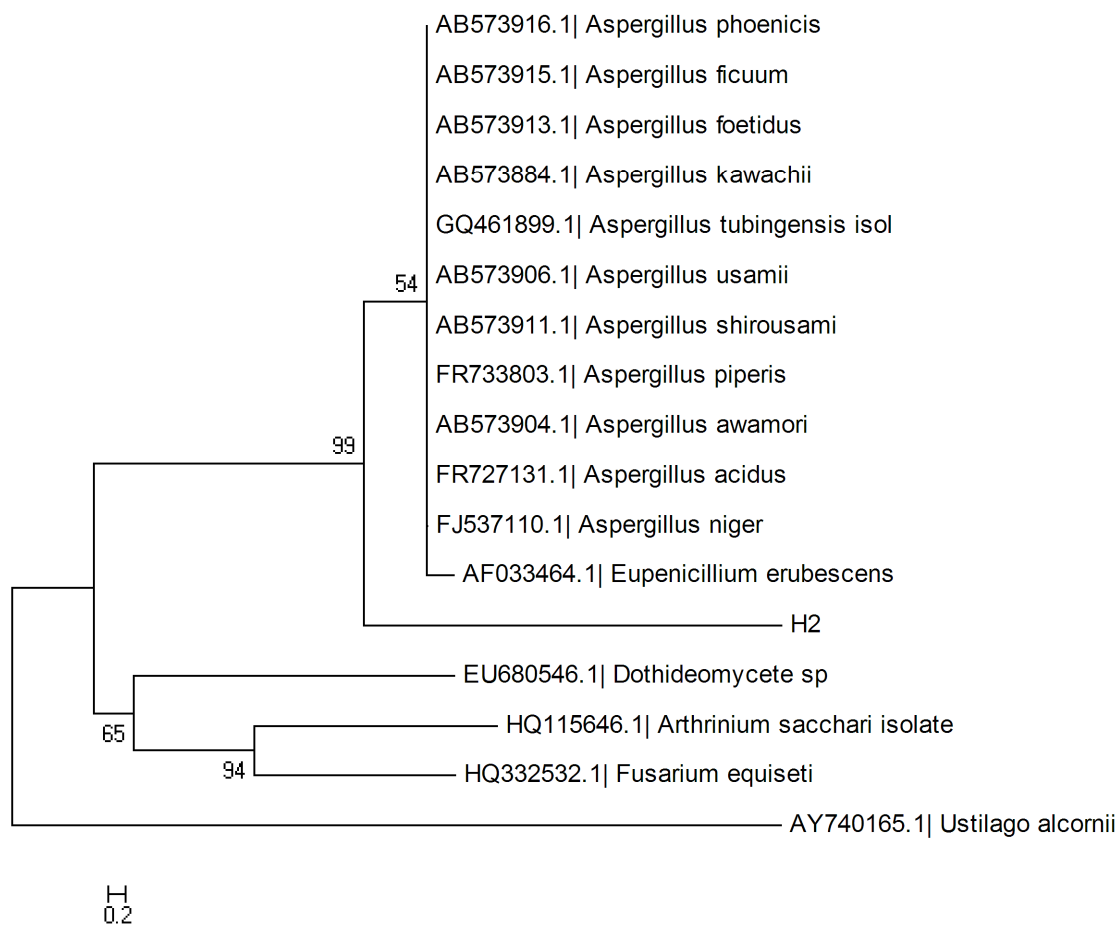


Figura 74 Árvore filogenética da amostra H2 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 500 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

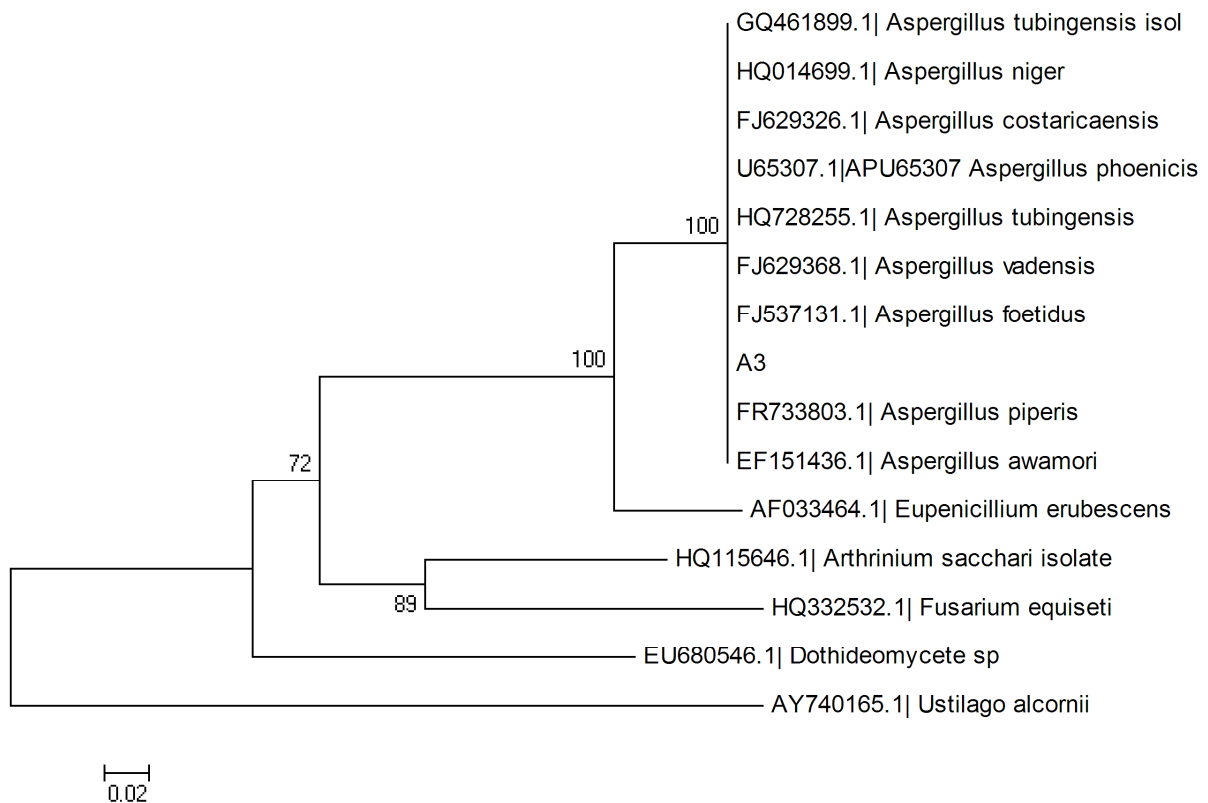


Figura 75. Árvore filogenética da amostra A3 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 560 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

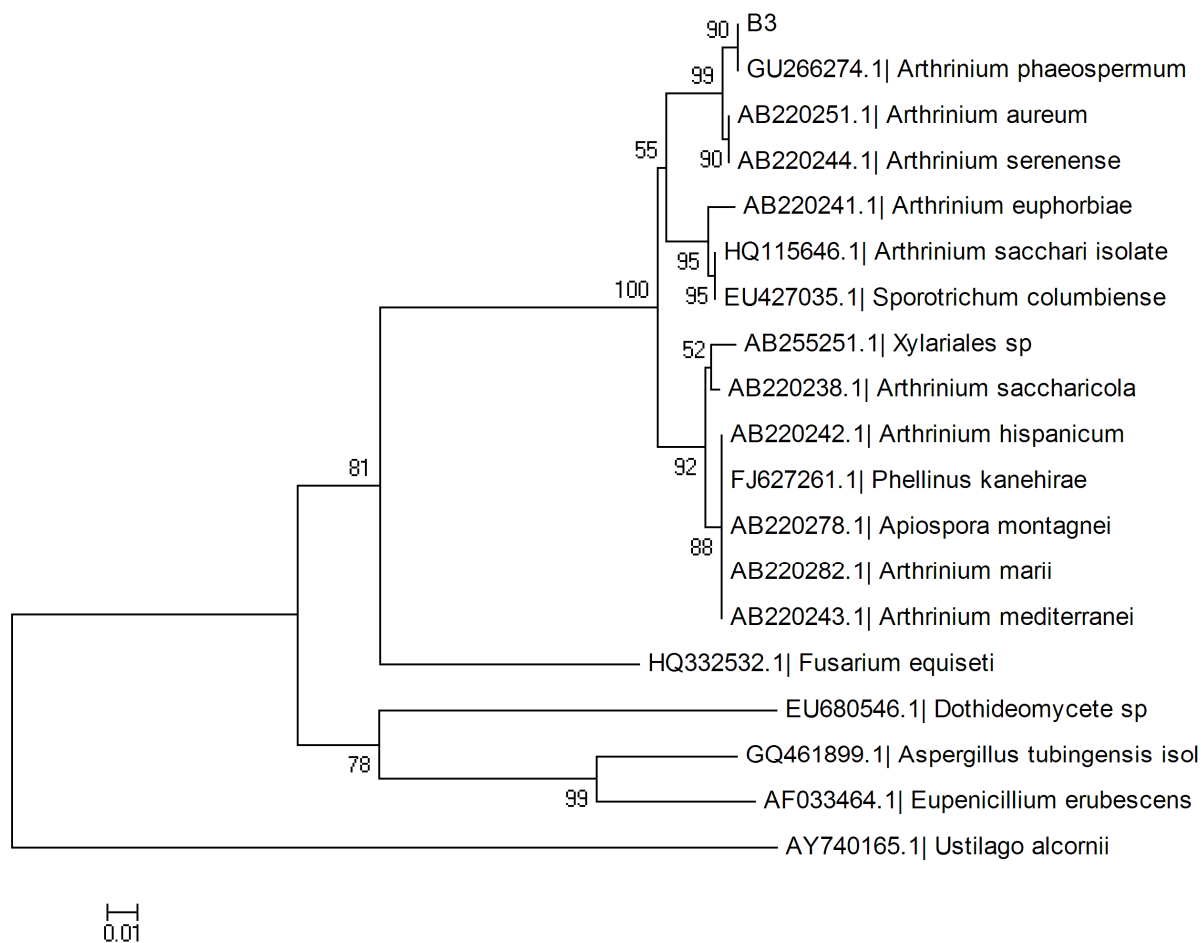


Figura 76. Árvore filogenética da amostra B3 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 560 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

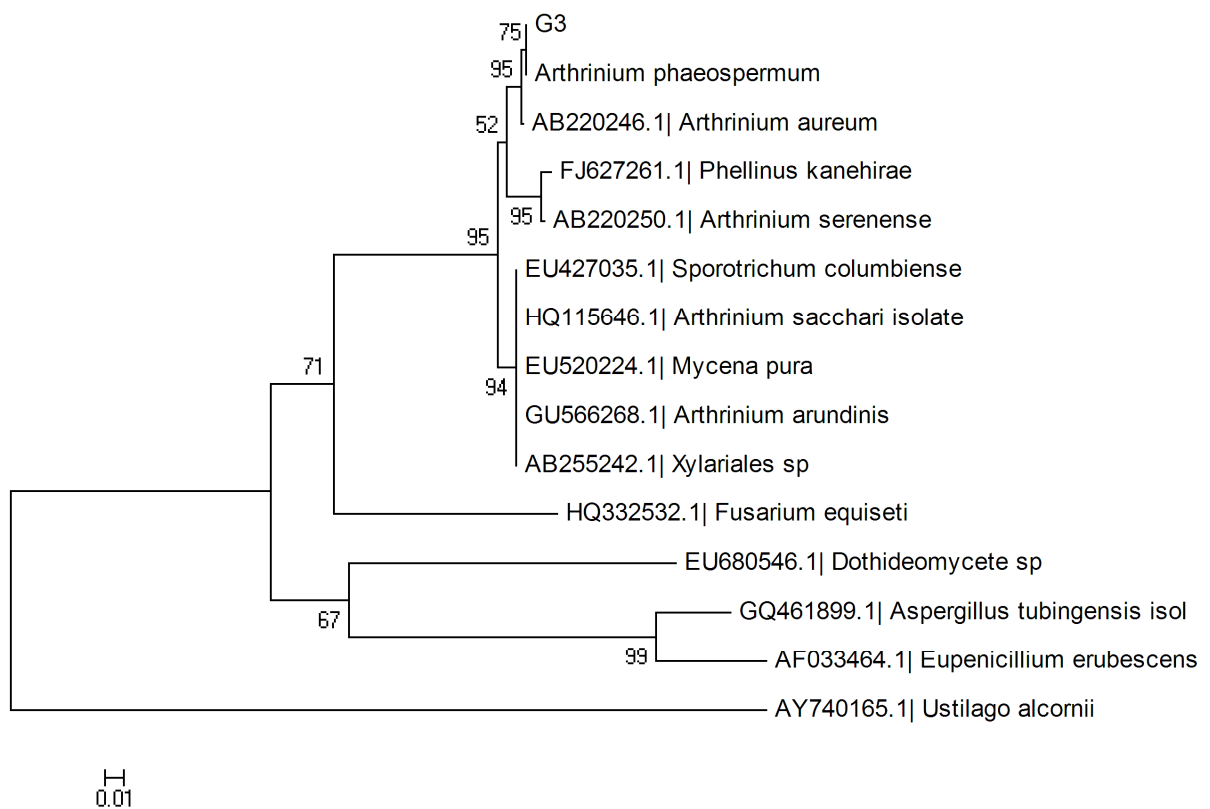


Figura 77. Árvore filogenética da amostra G3 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 370 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

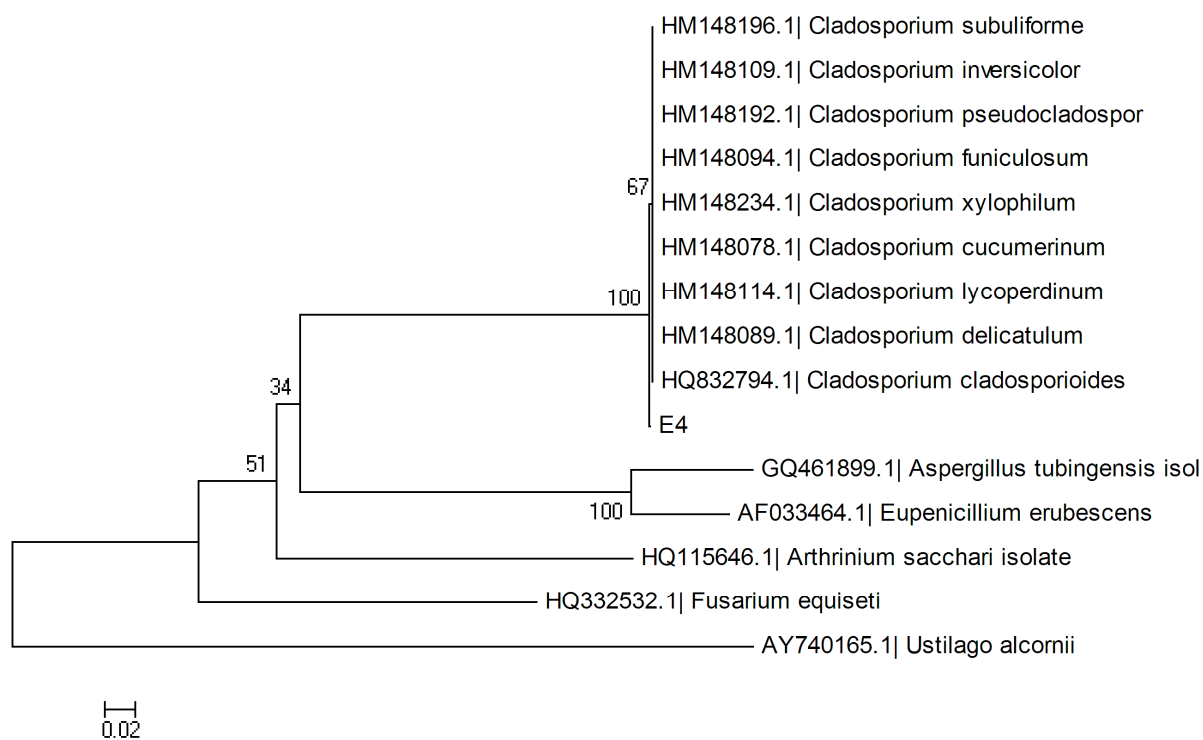


Figura 78. Árvore filogenética da amostra E4 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 550 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

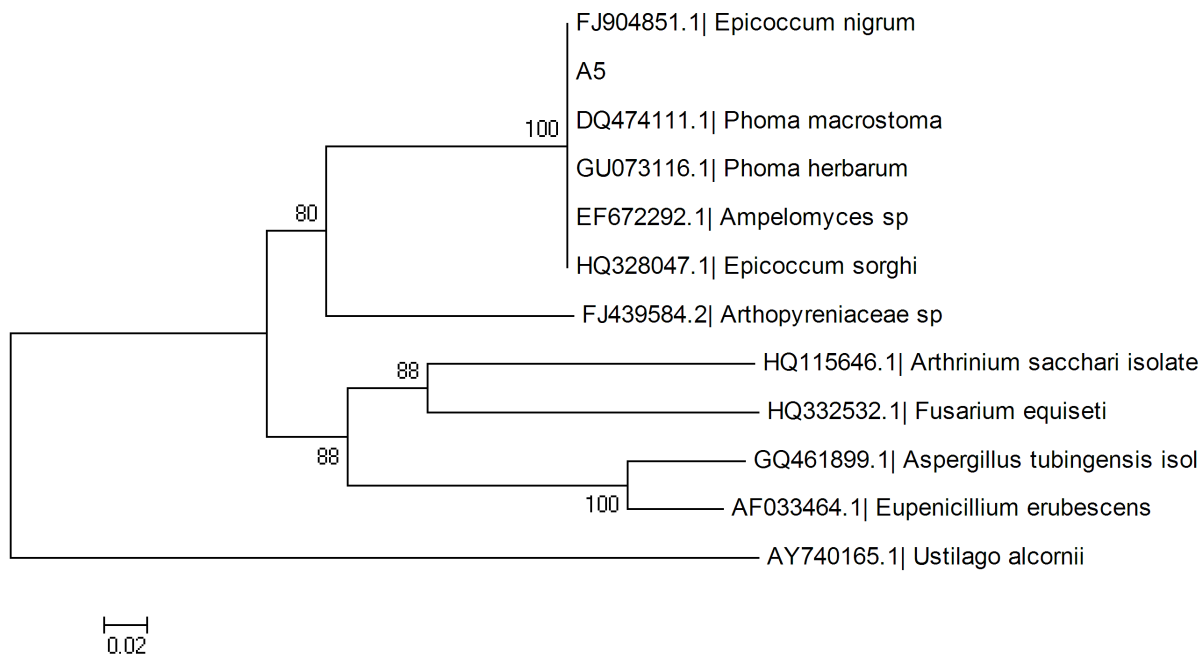


Figura 79. Árvore filogenética da amostra A5 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 590 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

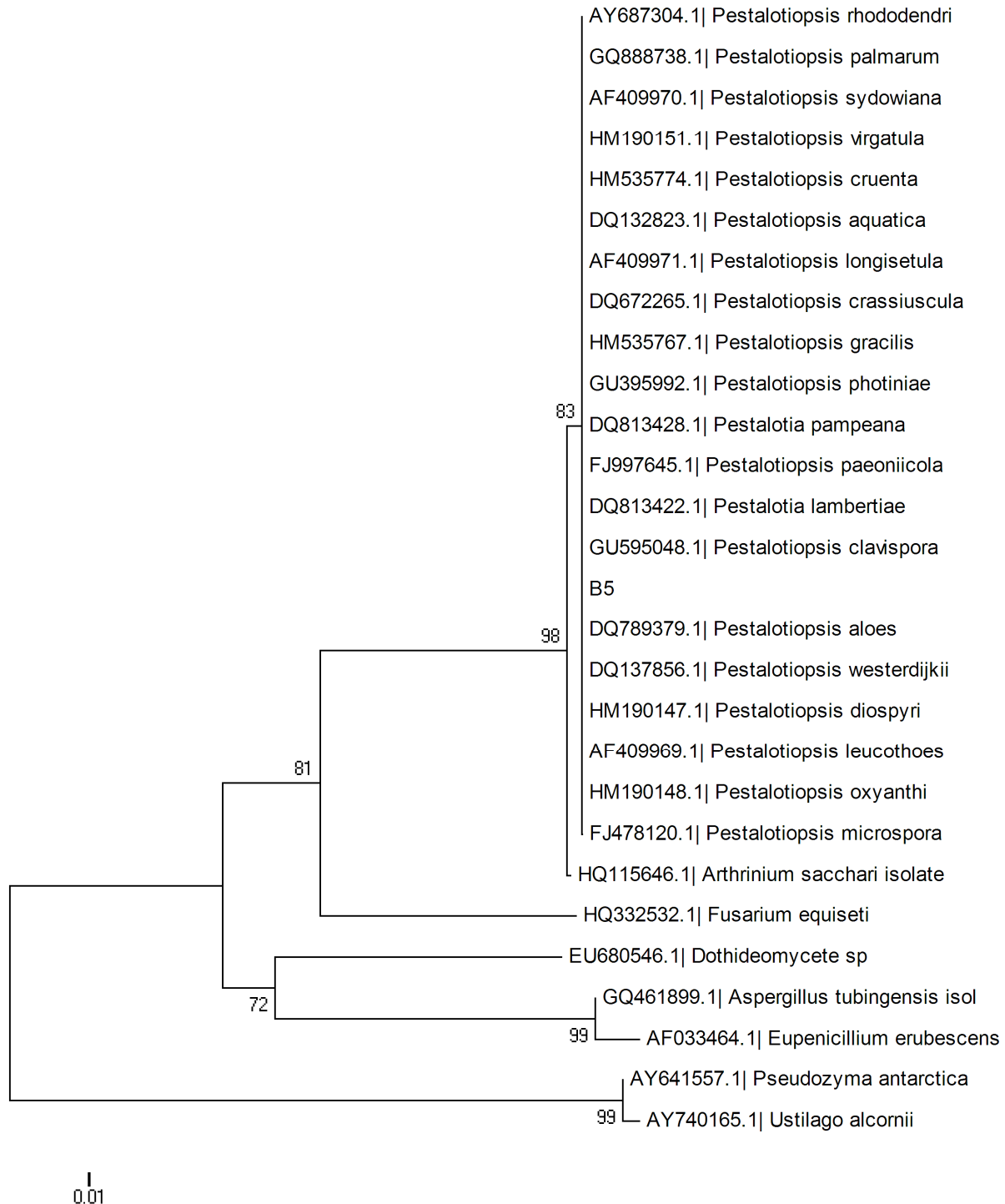


Figura 80. Árvore filogenética da amostra B5 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 530 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

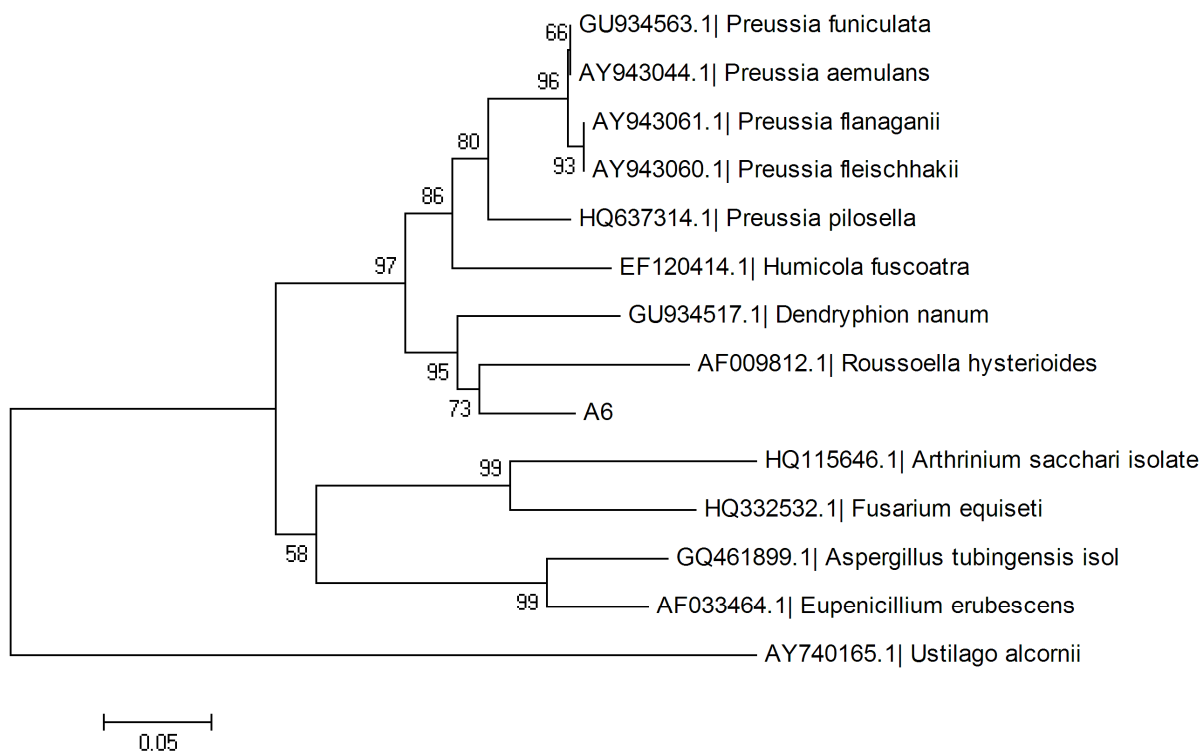


Figura 81. Árvore filogenética da amostra A6 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 560 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

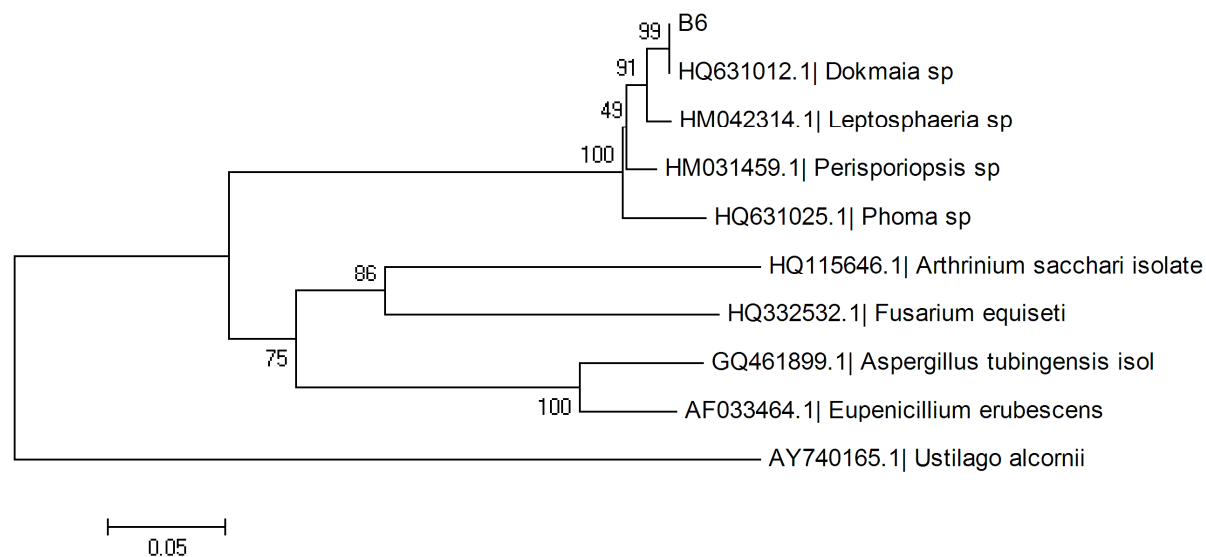


Figura 82. Árvore filogenética da amostra B6 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 530 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

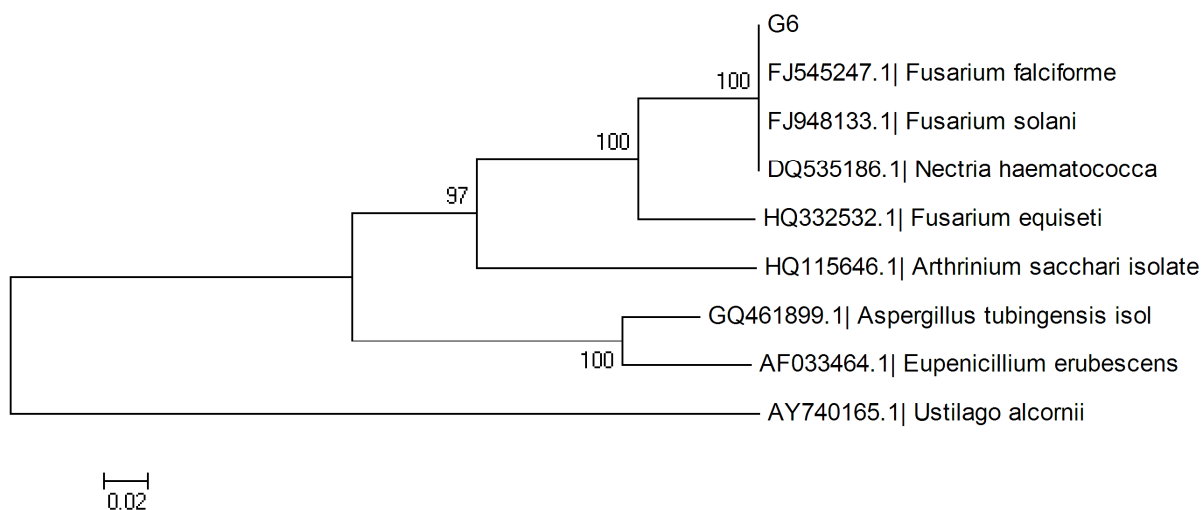


Figura 83. Árvore filogenética da amostra G6 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 600 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

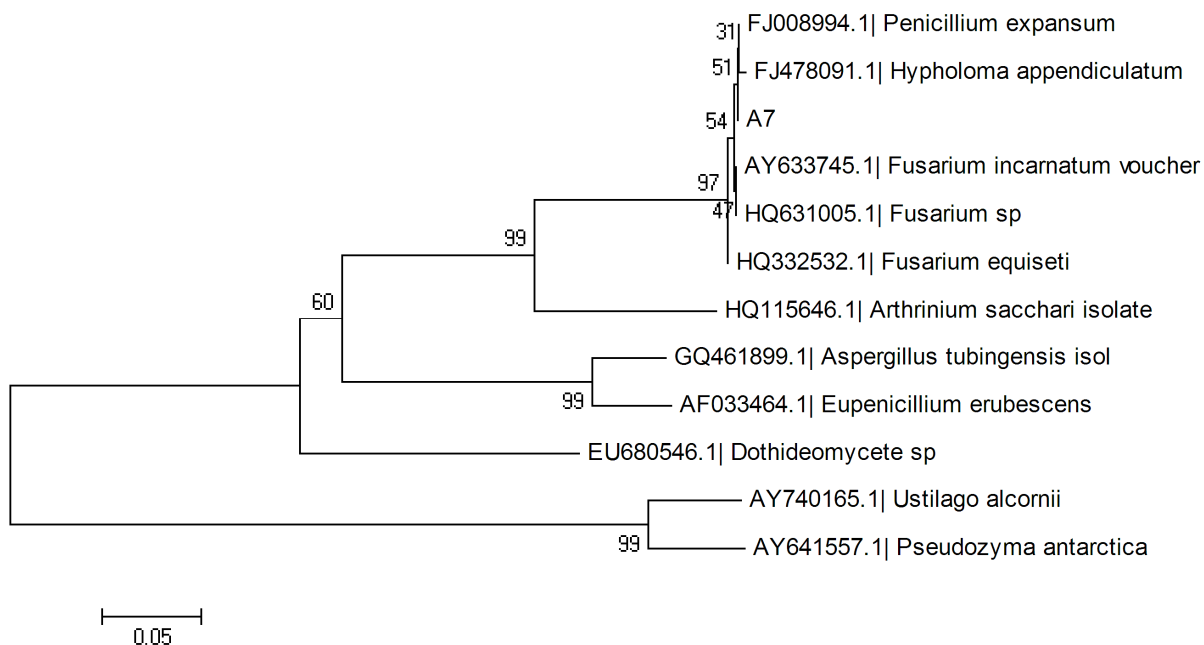


Figura 84. Árvore filogenética da amostra A7 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 610 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

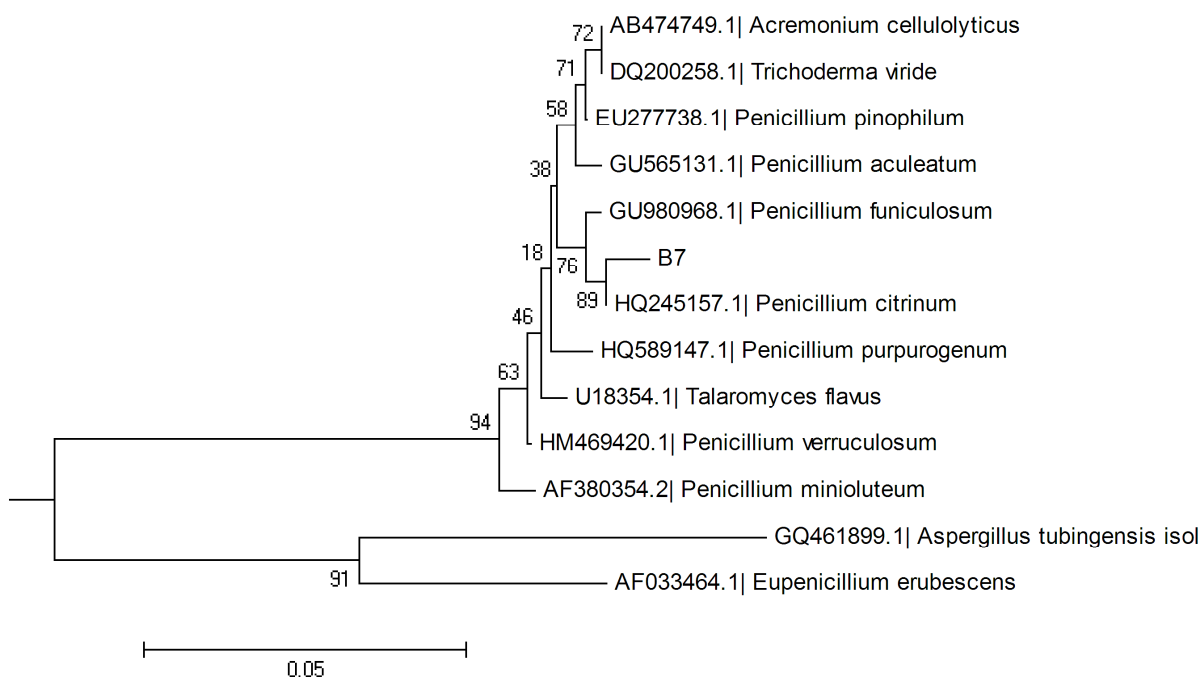


Figura 85. Árvore filogenética da amostra B7 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 545 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

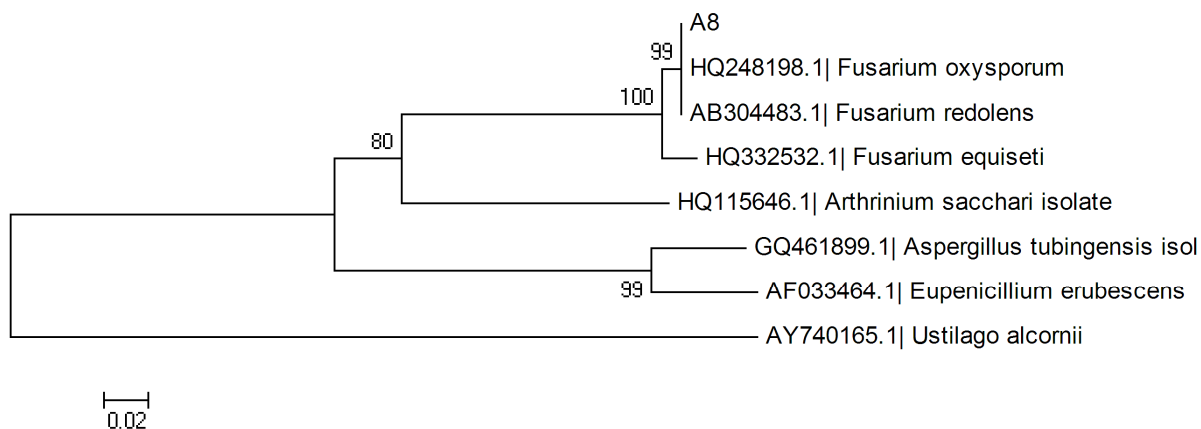


Figura86. Árvore filogenética da amostra A8 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 590 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

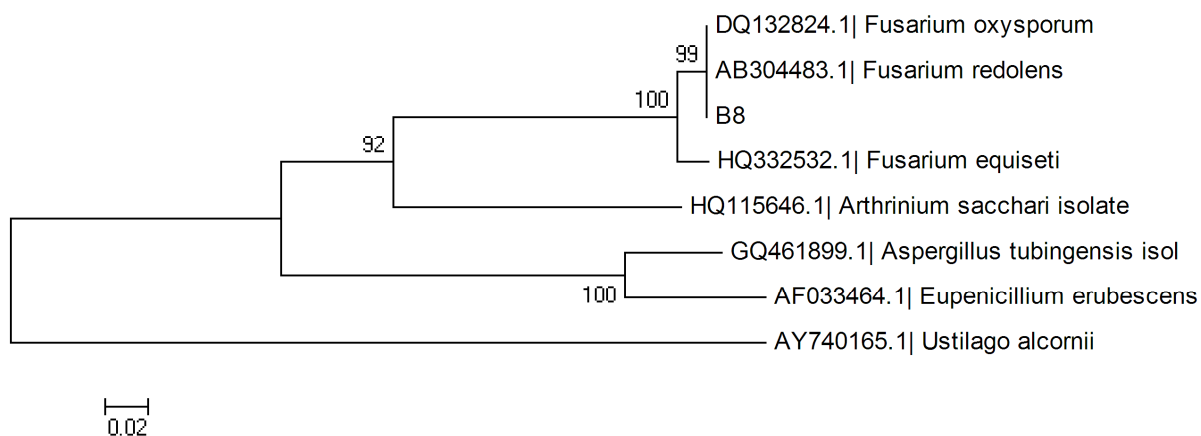


Figura 87. Árvore filogenética da amostra B8 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 560 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.



Figura 88. Árvore filogenética da amostra E8 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 600 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

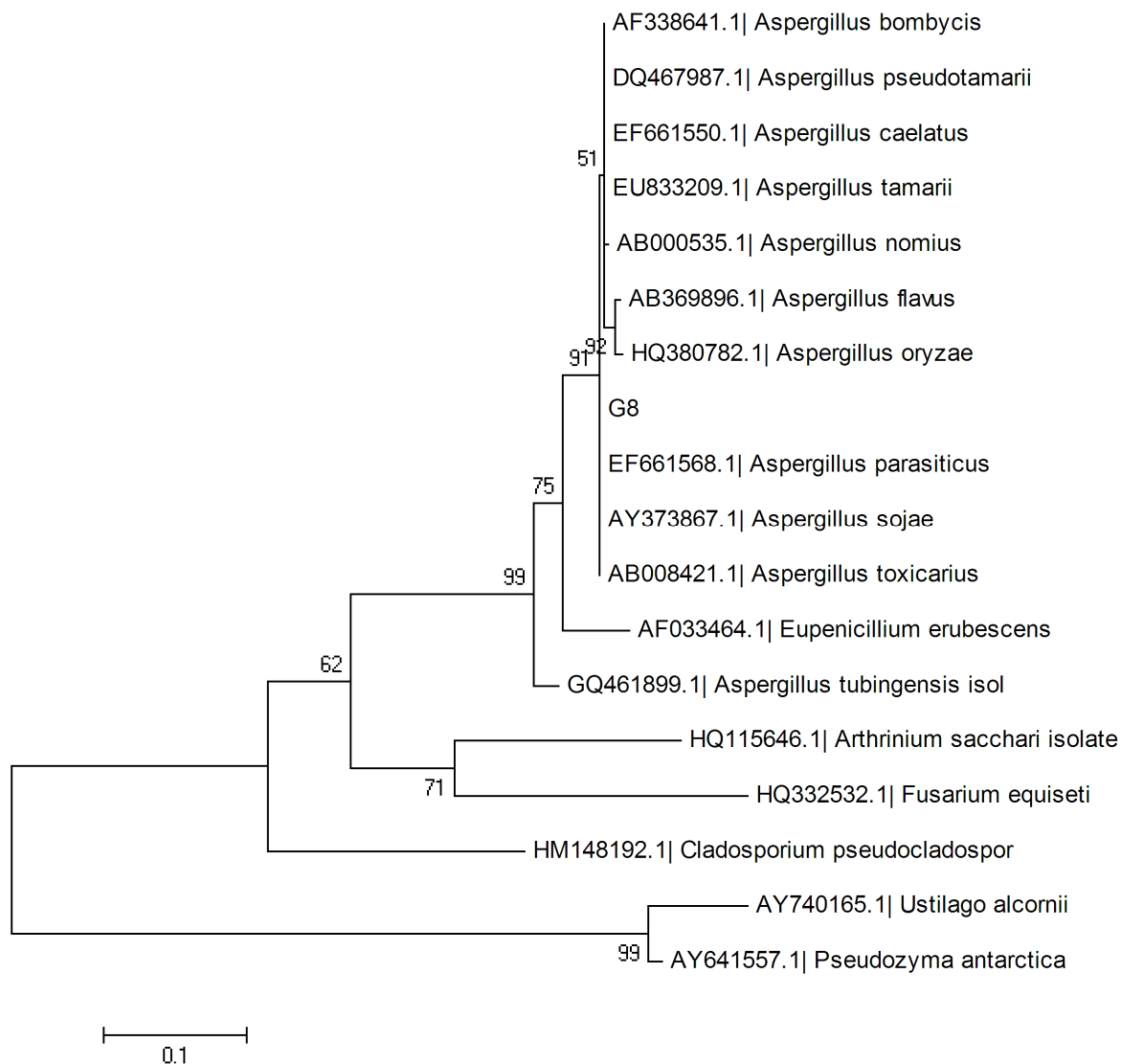


Figura 89. Árvore filogenética da amostra G8 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 600 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão

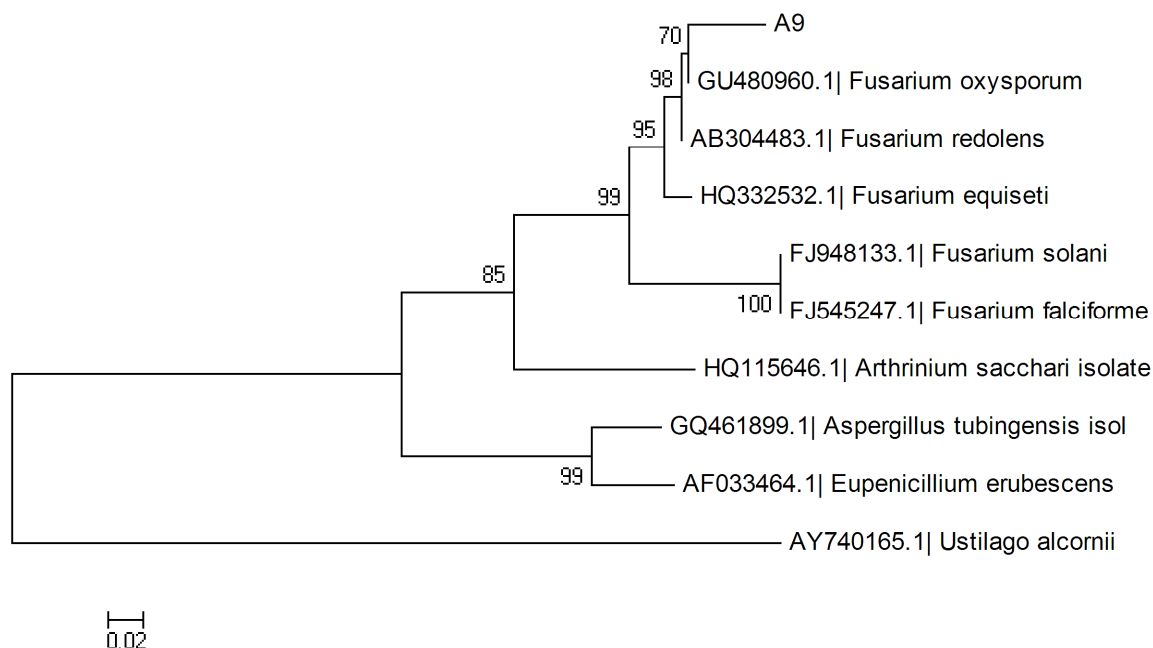


Figura 90. Árvore filogenética da amostra A9 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 520 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

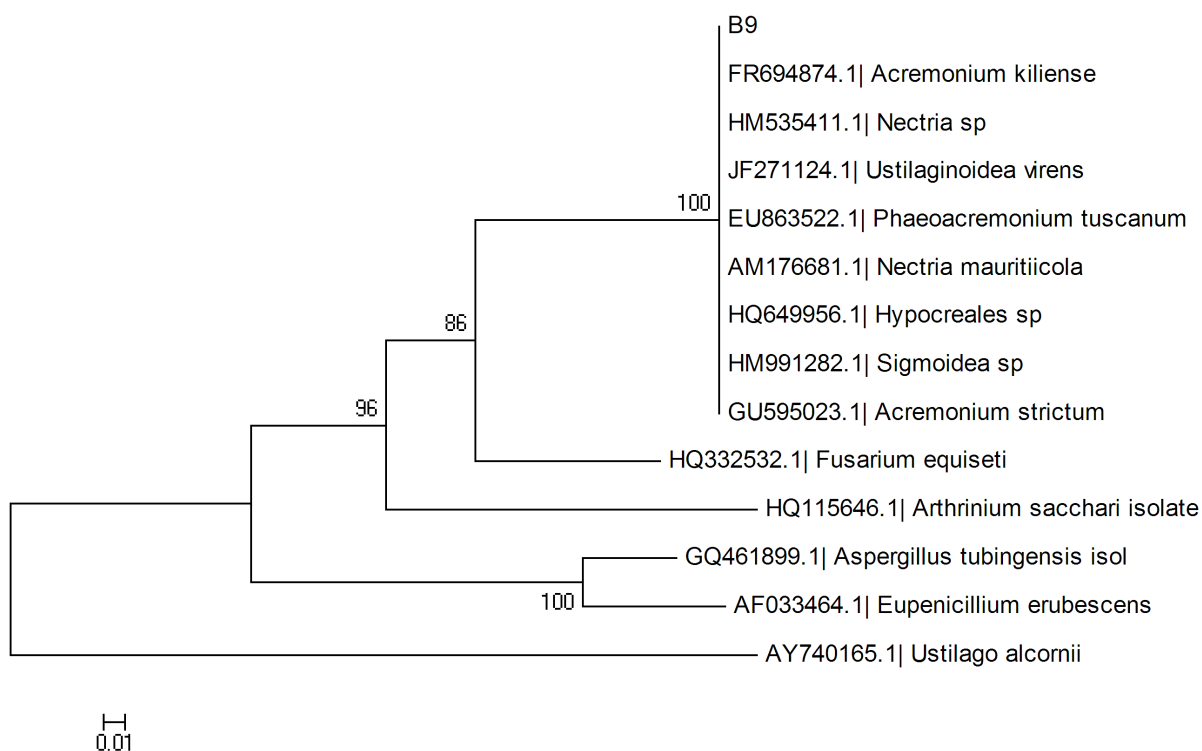


Figura 91. Árvore filogenética da amostra A6 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 550 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

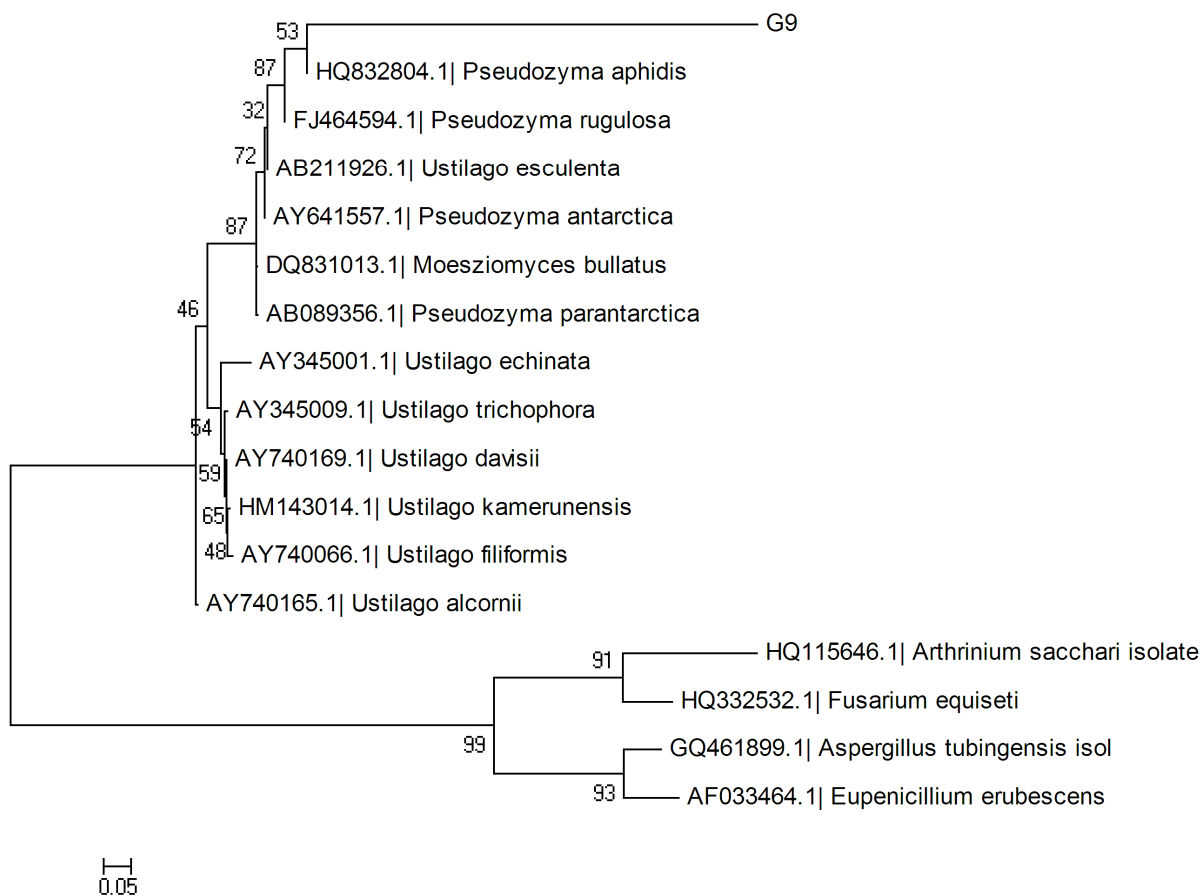


Figura 92. Árvore filogenética da amostra G9 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 550 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

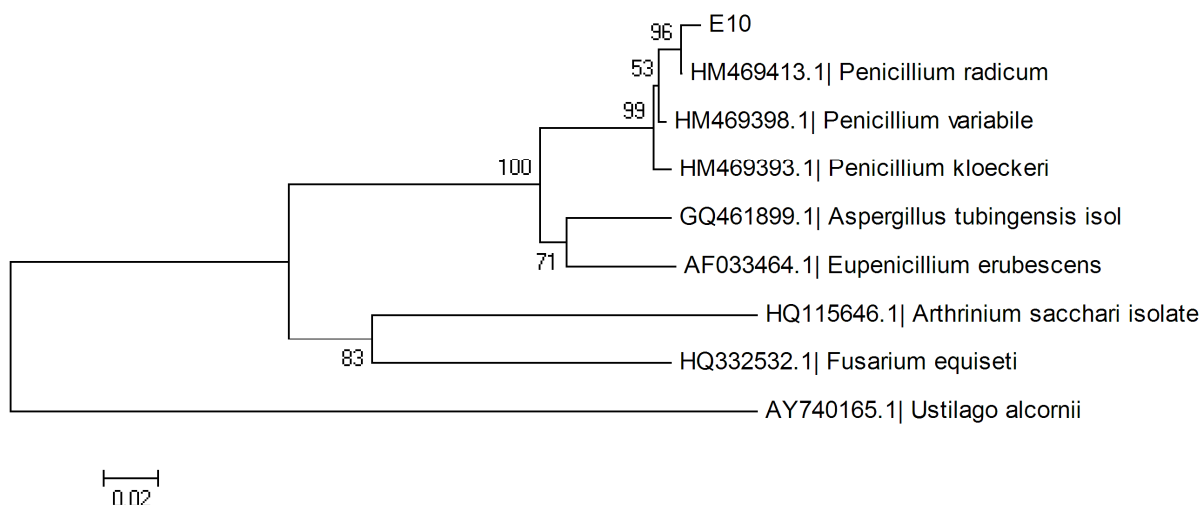


Figura 93. Árvore filogenética da amostra E10 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 430 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

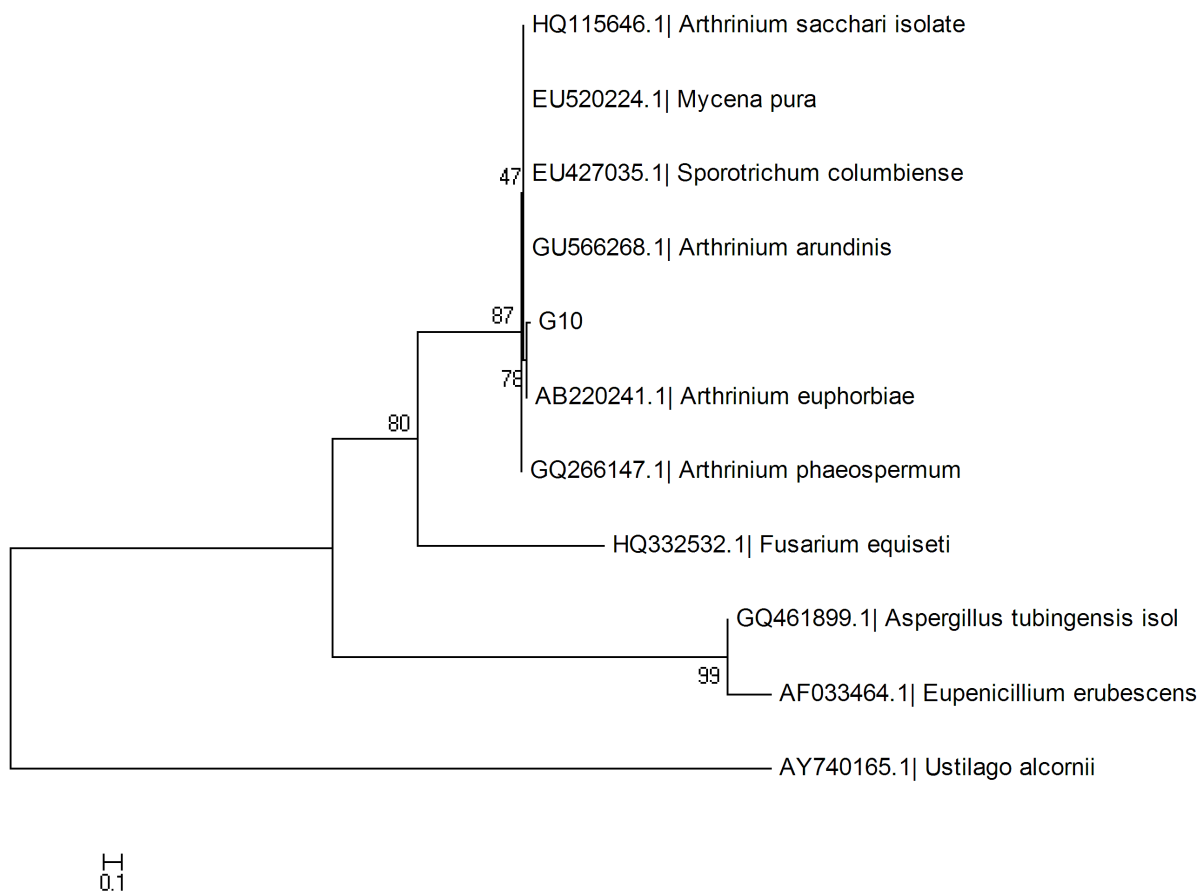


Figura 94. Árvore filogenética da amostra G10 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 450 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

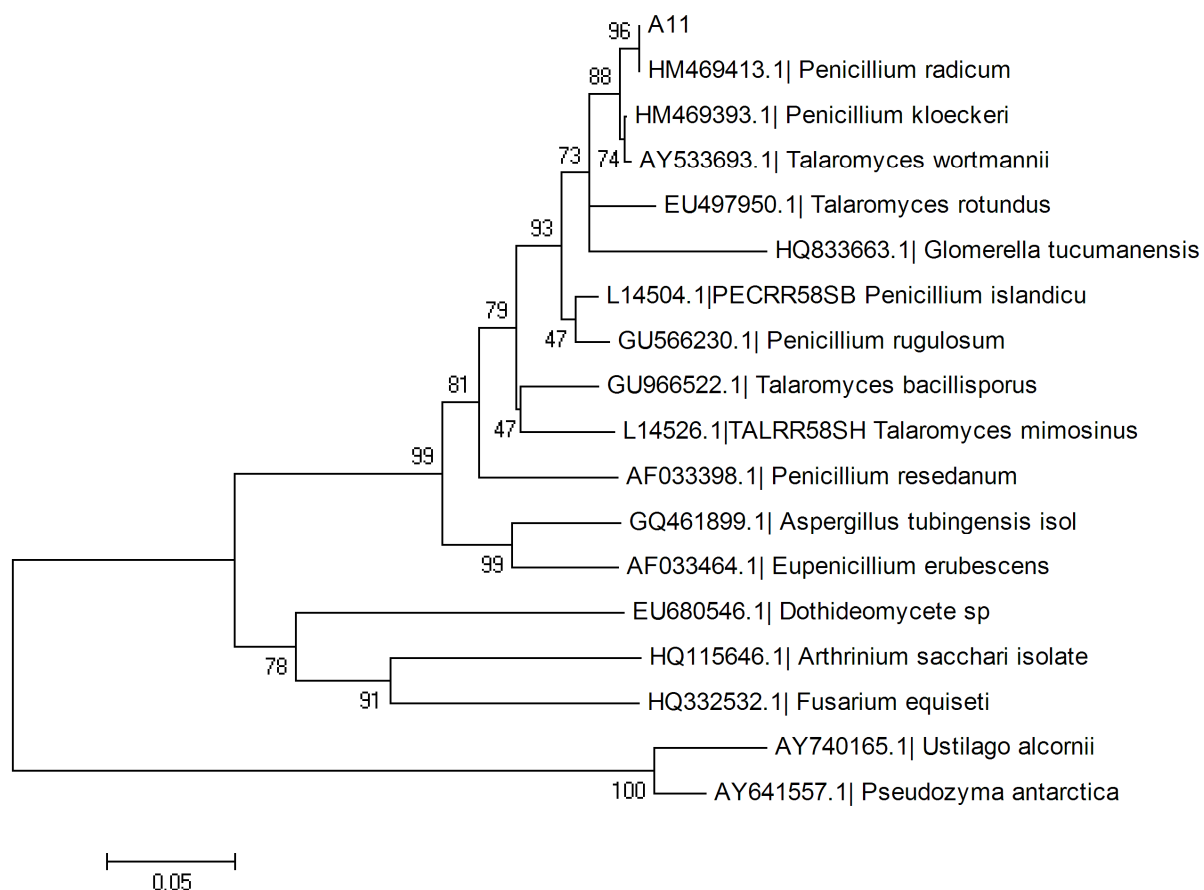


Figura 95. Árvore filogenética da amostra A11 inferida pelo método Neighbor-Joining com teste bootstrap de 10000 réplicas, modelo substituição de nucleotídeos Maximum Composite Likelihood utilizando 620 nucleotídeos da região ITS1, 5,8S e ITS2 do rDNA. Árvore enraizada com auxílio do programa MEGA versão 4.1.

ANEXO 6 Tabela 25. Valores médios de massa dos corpos-de-prova obtidos antes (m_0), durante (m_6) e após (m_{16}) o ensaio acelerado de laboratório para as diferentes concentrações, tempos de imersão e tipos de solo.

Concentração (%)	Tempo de Imersão (min)	m_0 (g)	m_6 (g)	m_{16} (g)
0	15	9,62	10,60	9,84
	15	10,46	11,63	10,68
	45	10,64	11,83	10,90
	45	10,11	11,17	10,18
	90	9,78	10,85	10,04
	90	11,47	12,81	11,73
	180	10,64	11,75	10,89
	180	11,29	12,57	11,52
5	15	10,40	11,37	10,50
	15	10,25	11,12	10,16
	45	10,74	11,74	10,88
	45	9,98	10,89	9,96
	90	11,04	12,01	11,07
	90	10,96	12,05	11,04
	180	11,66	12,80	11,84
	180	11,58	12,73	11,66
10	15	10,04	11,10	10,23
	15	9,27	10,25	9,38
	45	10,78	11,85	10,95
	45	9,94	10,94	10,00
	90	10,89	11,83	11,17
	90	10,01	11,21	10,23
	180	11,47	12,67	11,71
	180	11,70	13,05	11,94
20	15	9,97	11,16	10,29
	15	9,72	10,96	10,01
	45	10,49	11,81	10,86
	45	10,54	11,86	10,87
	90	11,18	12,51	11,57
	90	10,63	11,92	10,93
	180	9,20	10,44	9,69
	180	10,81	12,32	11,30
30	15	9,83	10,86	10,03
	15	10,22	11,40	10,49
	45	11,08	12,40	11,43
	45	10,44	11,56	10,56
	90	9,71	10,82	10,00
	90	10,64	11,99	11,00
	180	10,12	11,40	10,57
	180	11,15	12,55	11,51

Os valores destacados em cinza se referem ao solo estéril. Valores sem o destaque se referem ao solo normal.

ANEXO 7 Tabela 26. Valores médios do módulo dinâmico encontrados antes (E_{d0}), durante (E_{d6}) e após (E_{d16}) o ensaio acelerado de laboratório para as diferentes concentrações, tempos de imersão e tipos de solo. S= Desvio padrão

Concentração (%)	Tempo de Imersão (min)	E_{d0} (GPa)	S	E_{d6} (GPa)	S	E_{d16} (GPa)	S
0	15	12,71	±0,59	8,78	±0,19	17,33	±2,78
	15	13,98	±1,94	8,85	±1,00	16,95	±1,36
	45	14,65	±0,66	9,39	±1,12	15,60	±0,79
	45	12,06	±2,11	6,74	±1,42	14,16	±2,62
	90	14,57	±2,38	9,18	±1,79	15,31	±1,37
	90	15,79	±2,85	9,47	±1,08	17,15	±1,28
	180	14,03	±1,38	9,54	±1,29	14,75	±2,30
	180	15,95	±2,31	10,38	±1,29	18,00	±1,61
5	15	13,66	±0,99	8,92	±1,07	16,23	±1,73
	15	12,94	±2,20	7,88	±1,22	17,27	±1,98
	45	13,03	±1,56	7,94	±1,37	15,44	±1,75
	45	12,97	±1,43	7,28	±0,62	16,98	±1,39
	90	14,88	±3,65	8,37	±0,99	15,86	±1,82
	90	13,88	±2,10	8,11	±0,75	16,51	±1,56
	180	16,08	±2,23	10,80	±1,08	16,97	±1,35
	180	14,34	±1,41	9,46	±1,62	17,25	±1,15
10	15	15,71	±2,14	9,79	±0,71	17,15	±1,27
	15	12,79	±2,05	7,43	±1,23	19,67	±2,70
	45	10,94	±1,10	7,06	±1,02	12,78	±1,53
	45	12,51	±1,54	7,15	±1,40	15,23	±1,58
	90	17,02	±3,39	9,94	±2,67	17,14	±4,22
	90	15,09	±2,00	8,71	±0,71	17,41	±1,48
	180	13,83	±2,13	8,74	±1,27	19,76	±8,00
	180	14,78	±3,30	9,60	±1,82	18,11	±2,06
20	15	14,29	±0,82	7,98	±0,89	14,88	±1,03
	15	13,63	±1,53	7,84	±1,34	15,88	±2,32
	45	13,20	±1,02	7,88	±0,75	13,27	±1,45
	45	13,34	±2,33	8,17	±1,95	17,43	±2,75
	90	14,69	±2,54	5,26	±3,58	16,69	±1,43
	90	15,50	±1,41	8,81	±1,05	16,00	±1,95
	180	16,69	±1,63	10,19	±0,74	15,85	±1,98
	180	15,85	±2,71	9,51	±1,71	15,78	±1,83
30	15	12,58	±0,82	7,64	±1,01	14,38	±0,92
	15	13,17	±1,59	8,23	±1,64	16,27	±2,24
	45	14,71	±1,64	9,93	±1,25	17,48	±1,57
	45	14,81	±1,23	8,89	±1,45	17,08	±2,46
	90	15,56	±0,30	9,03	±0,55	14,62	±2,31
	90	14,03	±2,00	8,07	±1,65	17,08	±1,10
	180	13,81	±0,13	8,23	±0,37	16,30	±2,13
	180	16,67	±2,21	10,34	±1,70	17,86	±1,28

Os valores destacados em cinza se referem ao solo estéril. Valores sem o destaque se referem ao solo normal.

ANEXO 8

Análise estatística dos resultados finais da avaliação por ultrassom (E_d)

Tabela 27. Análise de variância para Ed – Tipo III Soma dos quadrados

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Exp	5778,48	2	2889,24	778,28	0,0000
B:Conc	10,1251	4	2,53126	0,68	0,6048
C:Imers	232,664	3	77,5548	20,89	0,0000
D:Solo	6,80475	1	6,80475	1,83	0,1763
INTERACTIONS					
AB	62,1098	8	7,76372	2,09	0,0350
AC	58,675	6	9,77917	2,63	0,0159
AD	47,8642	2	23,9321	6,45	0,0017
BC	174,976	12	14,5813	3,93	0,0000
BD	16,6596	4	4,16491	1,12	0,3453
CD	2,85269	3	0,950897	0,26	0,8570
RESIDUAL	1974,97	532	3,71235		
TOTAL (CORRECTED)	8952,97	577			

Tabela 28. Testes de faixa múltipla para Ed por tempo de exposição. Método de Tukey HSD

Exp	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	193	8,66433	0,142993	x
1	193	14,2834	0,142993	x
3	192	16,378	0,143603	x

Tempos de exposição – semana 0 (1); semana 6 (2), semana 16 (3)

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	5,61908	0,474519
1 - 3	*	-2,09455	0,475561
2 - 3	*	-7,71362	0,475561

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 29. Testes de faixa múltipla para Ed por concentração da solução. Método de Tukey HSD

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
4	114	12,8963	0,187648	x
2	120	13,0448	0,179514	x
1	117	13,085	0,183484	x
5	111	13,2412	0,193627	x
3	116	13,2757	0,182546	x

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3), 20% (4) e 30% (5).

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		0,0402112	0,702555
1 - 3		-0,190694	0,708367
1 - 4		0,188712	0,71801
1 - 5		-0,156191	0,729987
2 - 3		-0,230905	0,700723
2 - 4		0,148501	0,710745
2 - 5		-0,196402	0,722659
3 - 4		0,379406	0,716541
3 - 5		0,0345033	0,728266
4 - 5		-0,344903	0,738378

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 30. Testes de faixa múltipla para Ed por tempo de imersão. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Imers</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
2	141	12,2278	0,169412	x
1	150	12,8273	0,160562	xx
3	143	13,3471	0,165528	x
4	144	14,0321	0,167522	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		0,599461	0,6015
1 - 3		-0,51979	0,594275
1 - 4	*	-1,2048	0,597975
2 - 3	*	-1,11925	0,61016
2 - 4	*	-1,80426	0,61351
3 - 4	*	-0,685012	0,607113

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 31. Testes de faixa múltipla para Ed por tipo de solo. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Solo</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
2	221	12,9963	0,130713	x
1	357	13,2208	0,102033	x

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		0,224457	0,325679

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de E_d no tempo de exposição 1 (semana 0) para os fatores concentração da solução, tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 32. Análise de variância para E_d no tempo de exposição 1 (semana 0)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	12,8437	4	3,21093	0,76	0,5539
B:Imers	156,232	3	52,0772	12,30	0,0000
C:Solo	0,952329	1	0,952329	0,22	0,6360
INTERACTIONS					
AB	65,057	12	5,42142	1,28	0,2345
AC	13,7853	4	3,44633	0,81	0,5180
BC	7,43693	3	2,47898	0,59	0,6254
RESIDUAL	698,742	165	4,2348		
TOTAL (CORRECTED)	977,942	192			

Tabela 33. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão no tempo de exposição 1. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	47	13,167	0,313397	x
1	50	13,5468	0,297027	x
3	48	15,1328	0,304397	x
4	48	15,2734	0,309902	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,379854	1,12253
1 - 3	*	-1,58596	1,10566
1 - 4	*	-1,72655	1,11595
2 - 3	*	-1,96581	1,13522
2 - 4	*	-2,10641	1,14494
3 - 4		-0,140593	1,12955

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de E_d no tempo de exposição 2 (semana 6) para os fatores concentração da solução, tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 34. Análise de variância para E_d no tempo de exposição 2 (semana 6) – Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	11,8341	4	2,95853	1,39	0,2386
B:Imers	75,6731	3	25,2244	11,88	0,0000
C:Solo	2,04506	1	2,04506	0,96	0,3279
INTERACTIONS					
AB	43,3341	12	3,61118	1,70	0,0707
AC	12,4287	4	3,10717	1,46	0,2157
BC	8,59774	3	2,86591	1,35	0,2602
RESIDUAL	350,41	165	2,1237		
TOTAL (CORRECTED)	522,419	192			

Tabela 35. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão no tempo de exposição 2. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	47	8,00509	0,221934	x
1	50	8,33492	0,210342	x
3	48	8,54512	0,215561	x
4	48	9,74002	0,219459	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,329827	0,794925
1 - 3		-0,210205	0,782982
1 - 4	*	-1,40511	0,790268
2 - 3		-0,540033	0,803917
2 - 4	*	-1,73494	0,810799
3 - 4	*	-1,1949	0,7999

Valores de E_d no tempo de exposição 3 (semana 16) para os fatores concentração da solução, tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 36. Análise de variância para E_d no tempo de exposição 3 (semana 16) – Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	39,5655	4	9,89137	1,96	0,1032
B:Imers	56,7229	3	18,9076	3,74	0,0123
C:Solo	48,4442	1	48,4442	9,59	0,0023
INTERACTIONS					
AB	136,314	12	11,3595	2,25	0,0117
AC	1,6197	4	0,404925	0,08	0,9883
BC	3,11161	3	1,0372	0,21	0,8925
RESIDUAL	828,13	164	5,04957		
TOTAL (CORRECTED)	1118,04	191			

Tabela 37. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão no tempo de exposição 3. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	47	15,5119	0,342224	x
3	47	16,344	0,338851	xx
1	50	16,6001	0,324345	xx
4	48	17,0832	0,338406	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		1,08822	1,22577
1 - 3		0,256121	1,21942
1 - 4		-0,483143	1,21859
2 - 3		-0,832096	1,25199
2 - 4	*	-1,57136	1,25024
3 - 4		-0,739265	1,24575

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 38. Testes de faixa múltipla para E_d por tipo de solo no tempo de exposição 3. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	73	15,8648	0,26523	x
1	119	16,9048	0,206115	x

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	1,03994	0,662949

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de E_d na concentração 1 para os fatores tempo de exposição, tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 39. Análise de variância para E_d na concentração 1 (0%) – Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Exp	70,0479	1	70,0479	17,93	0,0001
B:Imers	28,1521	3	9,38404	2,40	0,0758
C:Solo	7,45246	1	7,45246	1,91	0,1721
INTERACTIONS					
AB	18,3727	3	6,12425	1,57	0,2059
AC	0,532457	1	0,532457	0,14	0,7132
BC	49,9745	3	16,6582	4,26	0,0083
RESIDUAL	250,084	64	3,90756		
TOTAL (CORRECTED)	460,071	76			

Tabela 40. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de exposição na concentração 1. Método de Tukey HSD 95%.

Exp	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	39	14,2102	0,326369	x
2	38	16,1697	0,329253	x

Tempos de exposição – (1) semana 0; (2) semana 16.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	-1,95943	0,924535

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 41. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão na concentração 1. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	18	14,1167	0,494189	x
1	19	15,2529	0,459811	x
4	20	15,6821	0,451131	x
3	20	15,7081	0,451131	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		1,13624	1,78063
1 - 3		-0,455222	1,69924
1 - 4		-0,42918	1,69924
2 - 3		-1,59146	1,76511
2 - 4		-1,56542	1,76511
3 - 4		0,0260417	1,68297

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 42. Testes de faixa múltipla para E_d por tipo de solo na concentração 1. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	30	14,8693	0,363713	x
1	47	15,5106	0,288763	x

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,641347	0,927757

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de E_d na concentração 2 para os fatores tempo de exposição, tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 43. Análise de variância para E_d na concentração 2 (5%) – Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Exp	128,754	1	128,754	40,47	0,0000
B:Imers	24,8324	3	8,27747	2,60	0,0592
C:Solo	0,000333333	1	0,000333333	0,00	0,9919
INTERACTIONS					
AB	10,8813	3	3,62709	1,14	0,3393
AC	14,8544	1	14,8544	4,67	0,0343
BC	5,44203	3	1,81401	0,57	0,6366
RESIDUAL	213,154	67	3,1814		
TOTAL (CORRECTED)	418,66	79			

Tabela 44. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de exposição na concentração 2. Método de Tukey HSD 95%.

Exp	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	40	13,9744	0,287835	X
2	40	16,564	0,287835	X

Tempos de exposição – (1) semana 0; (2) semana 16.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	-2,58958	0,812497

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 45. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão na concentração 2. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	20	14,606	0,40706	X
1	20	15,0254	0,40706	XX
3	20	15,285	0,40706	XX
4	20	16,1602	0,40706	X

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,419375	1,51674
1 - 3		-0,259583	1,51674
1 - 4		-1,13479	1,51674
2 - 3		-0,678958	1,51674
2 - 4	*	-1,55417	1,51674
3 - 4		-0,875208	1,51674

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 46. Testes de faixa múltipla para E_d por tipo de solo na concentração 2. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	48	15,2671	0,257447	X
2	32	15,2713	0,315308	X

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
----------	------	------------	------------

1 - 2		-0,00416667	0,812497
-------	--	-------------	----------

Valores de E_d na concentração 3 para os fatores tempo de exposição, tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 47. Análise de variância para E_d na concentração 3 (10%) – Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Exp	173,72	1	173,72	21,09	0,0000
B:Imers	193,144	3	64,3812	7,82	0,0002
C:Solo	0,420807	1	0,420807	0,05	0,8219
INTERACTIONS					
AB	34,6404	3	11,5468	1,40	0,2503
AC	9,72951	1	9,72951	1,18	0,2812
BC	22,4814	3	7,49381	0,91	0,4413
RESIDUAL	527,106	64	8,23603		
TOTAL (CORRECTED)	977,368	76			

Tabela 48. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de exposição na concentração 3. Método de Tukey HSD 95%.

Exp	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	39	14,0858	0,467607	X
2	38	17,1606	0,478789	X

Tempos de exposição – (1) semana 0; (2) semana 16.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	-3,07481	1,33749

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 49. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de imersão na concentração 3. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	20	12,8627	0,65495	X
1	20	16,329	0,65495	X
4	20	16,6194	0,65495	X
3	17	16,6819	0,709463	X

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	3,46625	2,44333
1 - 3		-0,352896	2,54704
1 - 4		-0,290417	2,44333
2 - 3	*	-3,81915	2,54704
2 - 4	*	-3,75667	2,44333
3 - 4		0,0624794	2,54704

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 50. Testes de faixa múltipla para Ed por tipo de solo na concentração 3. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Solo</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
2	31	15,5476	0,517099	x
1	46	15,6988	0,424456	x

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		0,151219	1,33647

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de E_d na concentração 4 para os fatores tempo de exposição, tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 51. Análise de variância para Ed na concentração 4 (20%) – Tipo III Soma dos quadrados.

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Exp	20,2631	1	20,2631	5,01	0,0287
B:Imers	35,8333	3	11,9444	2,96	0,0391
C:Solo	4,01455	1	4,01455	0,99	0,3227
INTERACTIONS					
AB	23,2631	3	7,75436	1,92	0,1356
AC	6,7184	1	6,7184	1,66	0,2020
BC	16,5182	3	5,50605	1,36	0,2624
RESIDUAL	254,616	63	4,04153		
TOTAL (CORRECTED)	360,335	75			

Tabela 52. Testes de faixa múltipla para Ed por tempo de exposição na concentração 4. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Exp</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
1	38	14,6491	0,33955	x
2	38	15,7221	0,33955	x

Tempos de exposição – (1) semana 0; (2) semana 16.

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2	*	-1,07299	0,957606

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 53. Testes de faixa múltipla para Ed por tempo de imersão na concentração 4. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Imers</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
2	18	14,3121	0,502589	x
1	20	14,6717	0,458799	x
3	18	15,7183	0,502589	x
4	20	16,0404	0,458799	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		0,359583	1,79587
1 - 3		-1,04667	1,79587
1 - 4		-1,36875	1,7123
2 - 3		-1,40625	1,87573

2 - 4		-1,72833	1,79587
3 - 4		-0,322083	1,79587

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 54. Testes de faixa múltipla para Ed por tipo de solo na concentração 4. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Solo</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
2	28	14,9458	0,383859	X
1	48	15,4254	0,29017	X

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		0,479583	0,961588

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de E_d na concentração 5 para os fatores tempo de exposição, tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 55. Análise de variância para Ed na concentração 5 (30%) – Tipo III Soma dos quadrados.

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Exp	54,6853	1	54,6853	17,85	0,0001
B:Imers	44,8082	3	14,9361	4,88	0,0042
C:Solo	14,1251	1	14,1251	4,61	0,0358
INTERACTIONS					
AB	5,43515	3	1,81172	0,59	0,6230
AC	5,74547	1	5,74547	1,88	0,1759
BC	11,0337	3	3,6779	1,20	0,3172
RESIDUAL	186,869	61	3,06342		
TOTAL (CORRECTED)	356,326	73			

Tabela 56. Testes de faixa múltipla para Ed por tempo de exposição na concentração 5. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Exp</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
1	37	14,4927	0,306597	X
2	37	16,3077	0,306597	X

Tempos de exposição – (1) semana 0; (2) semana 16.

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2	*	-1,81502	0,85901

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 57. Testes de faixa múltipla para Ed por tempo de imersão na concentração 5. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Imers</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
1	20	14,0996	0,399441	X
3	20	15,3225	0,399441	XX
2	18	16,0188	0,437566	X
4	16	16,16	0,505257	X

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
-----------------	-------------	-------------------	-------------------

1 - 2	*	-1,91917	1,56492
1 - 3		-1,22292	1,4921
1 - 4	*	-2,06042	1,70125
2 - 3		0,69625	1,56492
2 - 4		-0,14125	1,76547
3 - 4		-0,8375	1,70125

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 58. Testes de faixa múltipla para Ed por tipo de solo na concentração 5. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	26	14,9304	0,357271	x
1	48	15,87	0,252629	x

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	0,939583	0,874968

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de E_d no tempo de imersão 1 para os fatores tempo de exposição, concentração e tipo de solo

Tabela 59. Análise de variância para Ed no tempo de imersão 1 (15 minutos) – Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Exp	224,525	1	224,525	62,61	0,0000
B:Conc	53,9503	4	13,4876	3,76	0,0074
C:Solo	2,67002	1	2,67002	0,74	0,3907
INTERACTIONS					
AB	26,9602	4	6,74005	1,88	0,1219
AC	18,8313	1	18,8313	5,25	0,0245
BC	4,03735	4	1,00934	0,28	0,8892
RESIDUAL	290,458	81	3,58591		
TOTAL (CORRECTED)	648,097	96			

Tabela 60. Testes de faixa múltipla para Ed por tempo de exposição no tempo de imersão 1. Método de Tukey HSD 95%.

Exp	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	48	13,5112	0,278341	x
2	49	16,6102	0,275436	x

Tempos de exposição – (1) semana 0; (2) semana 16.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	-3,09898	0,779241

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 61. Testes de faixa múltipla para Ed por concentração no tempo de imersão 1. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
5	20	14,0996	0,436545	x
4	20	14,6717	0,436545	xx
2	21	15,2117	0,422564	xx

1	20	15,2417	0,436545	xx
3	20	16,329	0,436545	x

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3); 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,0299869	1,69336
1 - 3		-1,08729	1,72068
1 - 4		0,57	1,72068
1 - 5		1,14208	1,72068
2 - 3		-1,11728	1,69336
2 - 4		0,540013	1,69336
2 - 5		1,1121	1,69336
3 - 4		1,65729	1,72068
3 - 5	*	2,22937	1,72068
4 - 5		0,572083	1,72068

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 62. Testes de faixa múltipla para Ed por tipo de solo no tempo de imersão 1. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	41	14,9663	0,299253	x
1	60	15,2552	0,246947	x

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,288911	0,771427

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de E_d no tempo de imersão 2 para os fatores tempo de exposição, concentração e tipo de solo

Tabela 63. Análise de variância para Ed no tempo de imersão 2 (45 minutos) – Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Exp	117,115	1	117,115	35,09	0,0000
B:Conc	89,1606	4	22,2901	6,68	0,0001
C:Solo	6,36093	1	6,36093	1,91	0,1714
INTERACTIONS					
AB	7,54543	4	1,88636	0,57	0,6886
AC	10,8318	1	10,8318	3,25	0,0755
BC	48,8244	4	12,2061	3,66	0,0088
RESIDUAL	260,335	78	3,33762		
TOTAL (CORRECTED)	577,728	93			

Tabela 64. Testes de faixa múltipla para Ed por tempo de exposição no tempo de imersão 2. Método de Tukey HSD 95%.

Exp	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	47	13,219	0,278512	x
2	47	15,5475	0,278512	x

Tempos de exposição – (1) semana 0; (2) semana 16.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	-2,32852	0,782583

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 65. Testes de faixa múltipla para Ed por concentração no tempo de imersão 2. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
3	20	12,8627	0,416935	x
1	18	14,1167	0,456729	xx
4	18	14,3121	0,456729	xxx
2	20	14,606	0,416935	xx
5	18	16,0188	0,456729	x

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3); 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-0,489375	1,72697
1 - 3		1,25396	1,72697
1 - 4		-0,195417	1,80376
1 - 5	*	-1,90208	1,80376
2 - 3	*	1,74333	1,6466
2 - 4		0,293958	1,72697
2 - 5		-1,41271	1,72697
3 - 4		-1,44937	1,72697
3 - 5	*	-3,15604	1,72697
4 - 5		-1,70667	1,80376

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 66. Testes de faixa múltipla para Ed por tipo de solo no tempo de imersão 2. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	34	14,1108	0,316431	x
1	60	14,6557	0,235854	x

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,544833	0,785707

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de E_d no tempo de imersão 3 para os fatores tempo de exposição, concentração e tipo de solo

Tabela 67. Análise de variância para Ed no tempo de imersão 3 (90 minutos) – Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Exp	33,7654	1	33,7654	7,39	0,0081
B:Conc	21,7979	4	5,44948	1,19	0,3208
C:Solo	0,92598	1	0,92598	0,20	0,6539
INTERACTIONS					
AB	3,15552	4	0,788879	0,17	0,9518

AC	12,1182	1	12,1182	2,65	0,1075
BC	14,1287	4	3,53217	0,77	0,5462
RESIDUAL	361,105	79	4,57095		
TOTAL (CORRECTED)	457,384	94			

Tabela 68. Testes de faixa múltipla para Ed por tempo de exposição no tempo de imersão 3. Método de Tukey HSD 95%.

Exp	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	48	15,1294	0,316562	X
2	47	16,3568	0,322619	X

Tempos de exposição – (1) semana 0; (2) semana 16.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	-1,22734	0,898845

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 69. Testes de faixa múltipla para Ed por concentração no tempo de imersão 3. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	20	15,285	0,487925	X
5	20	15,3225	0,487925	X
1	20	15,7081	0,487925	X
4	18	15,7183	0,534495	X
3	17	16,6815	0,528461	X

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3); 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,423125	1,92638
1 - 3		-0,973366	2,00799
1 - 4		-0,0102083	2,0204
1 - 5		0,385625	1,92638
2 - 3		-1,39649	2,00799
2 - 4		-0,433333	2,0204
2 - 5		-0,0375	1,92638
3 - 4		0,963158	2,09837
3 - 5		1,35899	2,00799
4 - 5		0,395833	2,0204

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 70. Testes de faixa múltipla para Ed por tipo de solo no tempo de imersão 3. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	37	15,6413	0,354171	X
1	58	15,8449	0,281478	X

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,20362	0,900483

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de E_d no tempo de imersão 4 para os fatores tempo de exposição, concentração e tipo de solo

Tabela 71. Análise de variância para E_d no tempo de imersão 4 (180 minutos) – Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Exp	72,3534	1	72,3534	11,42	0,0011
B:Conc	8,63265	4	2,15816	0,34	0,8499
C:Solo	9,04893	1	9,04893	1,43	0,2357
INTERACTIONS					
AB	58,0806	4	14,5202	2,29	0,0668
AC	0,135127	1	0,135127	0,02	0,8843
BC	44,8114	4	11,2029	1,77	0,1436
RESIDUAL	507,061	80	6,33826		
TOTAL (CORRECTED)	706,626	95			

Tabela 72. Testes de faixa múltipla para E_d por tempo de exposição no tempo de imersão 4. Método de Tukey HSD 95%.

Exp	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	48	15,2298	0,381213	X
2	48	17,0351	0,381213	X

Tempos de exposição – (1) semana 0; (2) semana 16.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	-1,80532	1,06335

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 73. Testes de faixa múltipla para E_d por concentração no tempo de imersão 4. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	20	15,6821	0,574559	X
4	20	16,0404	0,574559	X
5	16	16,16	0,726766	X
2	20	16,1602	0,574559	X
3	20	16,6194	0,574559	X

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3); 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-0,478125	2,26776
1 - 3		-0,937292	2,26776
1 - 4		-0,358333	2,26776
1 - 5		-0,477917	2,58564
2 - 3		-0,459167	2,26776
2 - 4		0,119792	2,26776
2 - 5		0,000208333	2,58564
3 - 4		0,578958	2,26776
3 - 5		0,459375	2,58564
4 - 5		-0,119583	2,58564

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 74. Testes de faixa múltipla para Ed por tipo de solo no tempo de imersão 4. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Solo</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
2	36	15,8075	0,43606	X
1	60	16,4573	0,32502	X

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		0,649833	1,08232

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de E_d no solo 1 para os fatores tempo de exposição, concentração e tempo de imersão

Tabela 75. Análise de variância para Ed solo 1 (normal) – Tipo III Soma dos quadrados.

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Exp	433,506	1	433,506	108,36	0,0000
B:Con	10,6075	4	2,65187	0,66	0,6185
C:Imers	107,512	3	35,8375	8,96	0,0000
INTERACTIONS					
AB	39,4467	4	9,86168	2,47	0,0462
AC	40,2078	3	13,4026	3,35	0,0200
BC	105,716	12	8,80965	2,20	0,0127
RESIDUAL	836,114	209	4,00055		
TOTAL (CORRECTED)	1572,57	236			

Tabela 76. Testes de faixa múltipla para Ed por tempo de exposição no solo 1. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Exp</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
1	119	14,2003	0,183449	X
2	118	16,9064	0,184296	X

Tempos de exposição – (1) semana 0; (2) semana 16.

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2	*	-2,70612	0,512484

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 77. Testes de faixa múltipla para Ed por concentração no solo 1. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Conc</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
2	48	15,2671	0,288007	X
4	48	15,4254	0,288007	X
1	48	15,505	0,288007	X
3	46	15,6988	0,295119	X
5	48	15,87	0,288007	X

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3); 20% (4) e 30% (5).

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		0,237917	1,12072
1 - 3		-0,193833	1,13464

1 - 4		0,0795833	1,12072
1 - 5		-0,365	1,12072
2 - 3		-0,43175	1,13464
2 - 4		-0,158333	1,12072
2 - 5		-0,602917	1,12072
3 - 4		0,273417	1,13464
3 - 5		-0,171167	1,13464
4 - 5		-0,444583	1,12072

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 78. Testes de faixa múltipla para Ed por tempo de imersão no solo 1. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	60	14,6557	0,257601	x
1	60	15,2552	0,257601	xx
3	58	15,8449	0,262703	xx
4	60	16,4573	0,257601	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,5995	0,943427
1 - 3		-0,589733	0,952814
1 - 4	*	-1,20217	0,943427
2 - 3	*	-1,18923	0,952814
2 - 4	*	-1,80167	0,943427
3 - 4		-0,612433	0,952814

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de E_d no solo 2 para os fatores tempo de exposição, concentração e tempo de imersão

Tabela 79. Análise de variância para Ed solo 2 (estéril) – Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Exp	82,5855	1	82,5855	15,53	0,0001
B:Conc	10,2759	4	2,56898	0,48	0,7482
C:Imers	62,1294	3	20,7098	3,89	0,0108
INTERACTIONS					
AB	17,1766	4	4,29416	0,81	0,5229
AC	15,1016	3	5,03386	0,95	0,4206
BC	153,353	12	12,7794	2,40	0,0081
RESIDUAL	632,998	119	5,31931		
TOTAL (CORRECTED)	991,174	146			

Tabela 80. Testes de faixa múltipla para Ed por tempo de exposição no solo 2. Método de Tukey HSD 95%.

Exp	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	74	14,3623	0,27102	x
2	73	15,8691	0,272806	x

Tempos de exposição – (1) semana 0; (2) semana 16.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	-1,50682	0,757227

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 81. Testes de faixa múltipla para Ed por concentração no solo2. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Conc</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
1	30	14,8693	0,424359	x
5	26	14,9304	0,470784	x
4	28	14,9458	0,440378	x
2	32	15,2713	0,407711	x
3	31	15,5616	0,415373	x

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3); 20% (4) e 30% (5).

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		-0,401979	1,63003
1 - 3		-0,692355	1,64481
1 - 4		-0,0765625	1,69398
1 - 5		-0,0611458	1,7556
2 - 3		-0,290376	1,61218
2 - 4		0,325417	1,66232
2 - 5		0,340833	1,72507
3 - 4		0,615792	1,67681
3 - 5		0,631209	1,73903
4 - 5		0,0154167	1,78561

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 82. Testes de faixa múltipla para Ed por tempo de imersão no solo 2. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Imers</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
2	34	14,1108	0,399474	x
1	40	14,8918	0,364668	xx
3	37	15,6526	0,381948	x
4	36	15,8075	0,399474	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		0,780917	1,40935
1 - 3		-0,760884	1,37597
1 - 4		-0,91575	1,40935
2 - 3	*	-1,5418	1,44009
2 - 4	*	-1,69667	1,47202
3 - 4		-0,154866	1,44009

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

ANEXO 9

Tabela 83. Valores médios do módulo de elasticidade (MOE) dos corpos-de-prova obtidos para as diferentes concentrações, tempos de imersão e tipos de solo. S = desvio padrão

Concentração (%)	Tempo de Imersão (min)	MOE (GPa)	S
0	15	17,87	8,35
	15	14,97	1,28
	45	14,21	1,43
	45	11,57	1,76
	90	15,65	2,80
	90	14,33	1,31
	180	13,53	3,42
	180	15,74	2,50
5	15	13,02	5,52
	15	15,93	3,19
	45	15,86	1,26
	45	15,13	2,35
	90	9,12	4,53
	90	15,00	1,59
	180	16,73	2,80
	180	16,42	2,66
10	15	19,58	2,14
	15	22,59	7,36
	45	13,30	3,61
	45	13,02	2,84
	90	15,90	4,44
	90	17,02	4,02
	180	31,87	3,32
	180	18,18	3,37
20	15	14,21	1,94
	15	14,64	3,43
	45	11,39	1,79
	45	16,80	2,65
	90	19,23	2,32
	90	16,60	4,35
	180	15,16	5,72
	180	14,08	2,15
30	15	14,68	1,83
	15	11,61	3,63
	45	16,19	3,10
	45	18,35	4,57
	90	14,64	4,77
	90	16,55	3,01
	180	17,73	1,19
	180	17,73	4,19

Os valores destacados em cinza se referem ao solo estéril. Valores sem o destaque se referem ao solo normal.

ANEXO 10

Análise estatística dos resultados finais do ensaio de flexão estática (MOE)

Tabela 84. Análise de variância para MOE – Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	134,786	4	33,6966	2,76	0,0295
B:Imers	118,12	3	39,3734	3,23	0,0241
C:Solo	0,00952356	1	0,00952356	0,00	0,9778
INTERACTIONS					
AB	444,361	12	37,0301	3,03	0,0007
AC	46,2686	4	11,5671	0,95	0,4381
BC	15,2806	3	5,09354	0,42	0,7409
RESIDUAL	2014,37	165	12,2083		
TOTAL (CORRECTED)	2802,69	192			

Tabela 85. Testes de faixa múltipla para MOE por concentração da solução. Método de Tukey HSD

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	40	14,7322	0,563848	X
4	40	15,2658	0,563848	XX
5	38	16,233	0,574676	XX
2	37	16,283	0,608211	XX
3	38	17,1858	0,589392	X

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3), 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-1,5508	2,28753
1 - 3	*	-2,45358	2,24974
1 - 4		-0,533646	2,19937
1 - 5		-1,50084	2,22058
2 - 3		-0,902779	2,33472
2 - 4		1,01715	2,28753
2 - 5		0,0499531	2,30739
3 - 4		1,91993	2,24974
3 - 5		0,952732	2,2697
4 - 5		-0,967198	2,22058

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 86. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	49	14,5787	0,508158	X
3	47	16,2871	0,535906	XX
4	49	16,3045	0,513262	XX
1	48	16,5896	0,516855	X

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2	*	2,0109	1,88398
1 - 3		0,302457	1,93258
1 - 4		0,285008	1,89384
2 - 3		-1,70844	1,91949
2 - 4		-1,72589	1,87754
3 - 4		-0,0174491	1,92863

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 87. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Solo</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
1	118	15,9327	0,322038	x
2	75	15,9472	0,407139	x

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		-0,0144952	1,0247

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOE na concentração 1 (0%) para os fatores tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 88. Análise de variância para MOE na concentração 1 (0%)– Tipo III Soma dos quadrados.

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Imers	60,9602	3	20,3201	1,93	0,1452
B:Solo	12,9596	1	12,9596	1,23	0,2760
INTERACTIONS					
AB	39,8294	3	13,2765	1,26	0,3051
RESIDUAL	337,578	32	10,5493		
TOTAL (CORRECTED)	454,368	39			

Tabela 89. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão na concentração 1. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Imers</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
2	10	12,8842	1,04828	x
4	10	14,6321	1,04828	x
3	10	14,9896	1,04828	x
1	10	16,4229	1,04828	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		3,53875	4,01724
1 - 3		1,43333	4,01724
1 - 4		1,79083	4,01724
2 - 3		-2,10542	4,01724

2 - 4		-1,74792	4,01724
3 - 4		0,3575	4,01724

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 90. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo na concentração 1. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Solo</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
1	24	14,1513	0,662989	x
2	16	15,3131	0,811993	x

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		-1,16187	2,13528

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOE na concentração 2 (5%) para os fatores tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 91. Análise de variância para MOE na concentração 2 (5%)– Tipo III Soma dos quadrados.

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Imers	8,44469	3	2,8149	0,35	0,7926
B:Solo	16,2498	1	16,2498	1,99	0,1685
INTERACTIONS					
AB	8,74977	3	2,91659	0,36	0,7838
RESIDUAL	236,297	29	8,14818		
TOTAL (CORRECTED)	265,506	36			

Tabela 92. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão na concentração 2. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Imers</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
2	10	15,4975	0,921286	x
4	10	16,5721	0,921286	x
3	8	16,6175	1,16535	x
1	9	16,645	1,00922	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		1,1475	3,72372
1 - 3		0,0275	4,20092
1 - 4		0,0729167	3,72372
2 - 3		-1,12	4,04811
2 - 4		-1,07458	3,55042
3 - 4		0,0454167	4,04811

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 93. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo na concentração 2. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Solo</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
1	24	15,6204	0,582673	X
2	13	17,0456	0,824024	X

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		-1,42521	2,06409

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOE na concentração 3 (10%) para os fatores tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 94. Análise de variância para MOE na concentração 3 (10%)– Tipo III Soma dos quadrados.

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Imers	311,285	3	103,762	5,52	0,0038
B:Solo	9,2775	1	9,2775	0,49	0,4876
INTERACTIONS					
AB	14,7281	3	4,90935	0,26	0,8526
RESIDUAL	563,482	30	18,7827		
TOTAL (CORRECTED)	937,845	37			

Tabela 95. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão na concentração 3. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Imers</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
2	10	13,1629	1,39876	X
3	9	16,4617	1,53227	XX
4	9	18,0533	1,53227	XX
1	10	21,0817	1,39876	X

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2	*	7,91875	5,37976
1 - 3		4,62	5,64234
1 - 4		3,02833	5,64234
2 - 3		-3,29875	5,64234
2 - 4		-4,89042	5,64234
3 - 4		-1,59167	5,89324

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOE na concentração 4 (20%) para os fatores tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 96. Análise de variância para MOE na concentração 4 (20%)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Imers	91,4025	3	30,4675	2,81	0,0551
B:Solo	2,68817	1	2,68817	0,25	0,6219
INTERACTIONS					
AB	87,4308	3	29,1436	2,69	0,0628
RESIDUAL	346,797	32	10,8374		
TOTAL (CORRECTED)	509,843	39			

Tabela 97. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão na concentração 4. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	10	14,0971	1,0625	x
1	10	14,4275	1,0625	x
4	10	14,6204	1,0625	x
3	10	17,9183	1,0625	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,330417	4,07173
1 - 3		-3,49083	4,07173
1 - 4		-0,192917	4,07173
2 - 3		-3,82125	4,07173
2 - 4		-0,523333	4,07173
3 - 4		3,29792	4,07173

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 98. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo na concentração 4. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	16	15,0013	0,823005	x
1	24	15,5304	0,671981	x

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,529167	2,16424

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOE na concentração 5 (30%) para os fatores tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 99. Análise de variância para MOE na concentração 5 (30%)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Imers	68,0299	3	22,6766	1,79	0,1709
B:Solo	6,38592	1	6,38592	0,50	0,4836
INTERACTIONS					
AB	14,0222	3	4,67407	0,37	0,7764
RESIDUAL	380,739	30	12,6913		
TOTAL (CORRECTED)	472,335	37			

Tabela 100. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão na concentração 5. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	9	14,3062	1,19489	X
3	10	15,595	1,14979	X
2	9	17,271	1,19489	X
4	10	17,7312	1,14979	X

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-2,96475	4,59567
1 - 3		-1,28875	4,50976
1 - 4		-3,425	4,50976
2 - 3		1,676	4,50976
2 - 4		-0,46025	4,50976
3 - 4		-2,13625	4,42219

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 101. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo na concentração 5. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	16	15,81	0,890622	X
1	22	16,6417	0,762683	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,83175	2,39469

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOE no tempo de imersão 1 (15 minutos) para os fatores concentração e tipo de solo

Tabela 102. Análise de variância para MOE no tempo de imersão 1 (15 min)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	285,209	4	71,3022	3,63	0,0134
B:Solo	1,22752	1	1,22752	0,06	0,8040
INTERACTIONS					
AB	46,8284	4	11,7071	0,60	0,6679
RESIDUAL	746,86	38	19,6542		
TOTAL (CORRECTED)	1120,34	47			

Tabela 103. Testes de faixa múltipla para MOE por concentração da solução no tempo de imersão 1. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
5	9	14,3063	1,48698	X
4	10	14,4275	1,43084	X
1	10	16,4229	1,43084	XX
2	9	16,645	1,56741	XX
3	10	21,0817	1,43084	X

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3), 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-0,222083	6,07683
1 - 3		-4,65875	5,79403
1 - 4		1,99542	5,79403
1 - 5		2,11667	5,90878
2 - 3		-4,43667	6,07683
2 - 4		2,2175	6,07683
2 - 5		2,33875	6,18633
3 - 4	*	6,65417	5,79403
3 - 5	*	6,77542	5,90878
4 - 5		0,12125	5,90878

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 104. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo no tempo de imersão 1. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	29	16,4123	0,825437	X
2	19	16,741	1,02383	X

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-0,328667	2,66235

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOE no tempo de imersão 2 (45 minutos) para os fatores concentração e tipo de solo

Tabela 105. Análise de variância para MOE no tempo de imersão 2 (45 min)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	121,507	4	30,3768	4,07	0,0075
B:Solo	7,27948	1	7,27948	0,98	0,3292
INTERACTIONS					
AB	91,8986	4	22,9747	3,08	0,0269
RESIDUAL	290,82	39	7,45691		
TOTAL (CORRECTED)	527,215	48			

Tabela 106. Testes de faixa múltipla para MOE por concentração da solução no tempo de imersão 2. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	10	12,8842	0,881341	X
3	10	13,1629	0,881341	X
4	10	14,0971	0,881341	XX
2	10	15,4975	0,881341	XX
5	9	17,271	0,915916	X

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3), 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-2,61333	3,56441
1 - 3		-0,27875	3,56441
1 - 4		-1,21292	3,56441
1 - 5	*	-4,38683	3,635
2 - 3		2,33458	3,56441
2 - 4		1,40042	3,56441
2 - 5		-1,7735	3,635
3 - 4		-0,934167	3,56441
3 - 5	*	-4,10808	3,635
4 - 5		-3,17392	3,635

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 107. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo no tempo de imersão 2. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	20	14,19	0,610611	X
1	29	14,9751	0,508435	X

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,785067	1,60719

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOE no tempo de imersão 3 (90 minutos) para os fatores concentração e tipo de solo

Tabela 108. Análise de variância para MOE no tempo de imersão 3 (90 min)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	47,204	4	11,801	1,07	0,3874
B:Solo	7,0951	1	7,0951	0,64	0,4286
INTERACTIONS					
AB	42,6438	4	10,661	0,96	0,4395
RESIDUAL	409,823	37	11,0763		
TOTAL (CORRECTED)	501,521	46			

Tabela 109. Testes de faixa múltipla para MOE por concentração da solução no tempo de imersão 3. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	10	14,9896	1,07414	X
5	10	15,595	1,07414	X
3	9	16,4617	1,17666	X
2	8	16,6175	1,35869	X
4	10	17,9183	1,07414	X

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3), 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-1,62792	4,96589
1 - 3		-1,47208	4,56796
1 - 4		-2,92875	4,35538
1 - 5		-0,605417	4,35538
2 - 3		0,155833	5,15335
2 - 4		-1,30083	4,96589
2 - 5		1,0225	4,96589
3 - 4		-1,45667	4,56796
3 - 5		0,866667	4,56796
4 - 5		2,32333	4,35538

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 110. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo no tempo de imersão 3. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	30	15,9023	0,607627	X
2	17	16,7305	0,837555	X

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-0,828167	2,09661

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOE no tempo de imersão 4 (180 minutos) para os fatores concentração e tipo de solo

Tabela 111. Análise de variância para MOE no tempo de imersão 4 (180 min)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	98,6912	4	24,6728	2,31	0,0754
B:Solo	0,536678	1	0,536678	0,05	0,8240
INTERACTIONS					
AB	14,3773	4	3,59434	0,34	0,8521
RESIDUAL	417,39	39	10,7023		
TOTAL (CORRECTED)	535,346	48			

Tabela 112. Testes de faixa múltipla para MOE por concentração da solução no tempo de imersão 4. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
4	10	14,6204	1,05585	x
1	10	14,6321	1,05585	x
2	10	16,5721	1,05585	x
5	10	17,7312	1,05585	x
3	9	18,0533	1,15663	x

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3), 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-1,94	4,27018
1 - 3		-3,42125	4,47861
1 - 4		0,0116667	4,27018
1 - 5		-3,09917	4,27018
2 - 3		-1,48125	4,47861
2 - 4		1,95167	4,27018
2 - 5		-1,15917	4,27018
3 - 4		3,43292	4,47861
3 - 5		0,322083	4,47861
4 - 5		-3,11083	4,27018

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 113. Testes de faixa múltipla para MOE por tipo de solo no tempo de imersão 4. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	19	16,214	0,755506	x
1	30	16,4297	0,59728	x

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,215667	1,94803

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOE no solo 1 (normal) para os fatores concentração e tempo de imersão

Tabela 114. Análise de variância para MOE no solo 1 (normal)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	168,749	4	42,1874	3,69	0,0077
B:Imers	40,5263	3	13,5088	1,18	0,3207
INTERACTIONS					
AB	389,438	12	32,4531	2,84	0,0022
RESIDUAL	1120,14	98	11,43		
TOTAL (CORRECTED)	1729,35	117			

Tabela 115. Testes de faixa múltipla para MOE por concentração da solução no solo 1. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	24	14,1512	0,69011	X
4	24	15,5304	0,69011	XX
2	24	15,6204	0,69011	XX
5	22	16,6417	0,723793	XX
3	24	17,7054	0,69011	X

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3), 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-1,46917	2,71231
1 - 3	*	-3,55417	2,71231
1 - 4		-1,37917	2,71231
1 - 5		-2,4905	2,77929
2 - 3		-2,085	2,71231
2 - 4		0,09	2,71231
2 - 5		-1,02133	2,77929
3 - 4		2,175	2,71231
3 - 5		1,06367	2,77929
4 - 5		-1,11133	2,77929

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 116. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão no solo 1. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	29	14,9751	0,629477	X
3	30	15,9023	0,617253	X
1	29	16,4123	0,629477	X
4	30	16,4297	0,617253	X

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		1,43727	2,32667
1 - 3		0,51	2,30419
1 - 4		-0,0173333	2,30419
2 - 3		-0,927267	2,30419

2 - 4		-1,4546	2,30419
3 - 4		-0,527333	2,28149

Valores de MOE no solo 2 (estéril) para os fatores concentração e tempo de imersão

Tabela 117. Análise de variância para MOE no solo 2 (estéril)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	42,5281	4	10,632	0,79	0,5397
B:Imers	84,4782	3	28,1594	2,08	0,1135
INTERACTIONS					
AB	204,403	12	17,0336	1,26	0,2697
RESIDUAL	744,75	55	13,5409		
TOTAL (CORRECTED)	1073,17	74			

Tabela 118. Testes de faixa múltipla para MOE por concentração da solução no solo 2. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
4	16	15,0013	0,91995	X
1	16	15,3131	0,91995	X
5	16	15,81	0,91995	X
3	14	16,6744	0,993659	X
2	13	17,0456	1,06227	X

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3), 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-1,7325	3,96337
1 - 3		-1,36125	3,8192
1 - 4		0,311875	3,66937
1 - 5		-0,496875	3,66937
2 - 3		0,37125	4,10248
2 - 4		2,04438	3,96337
2 - 5		1,23563	3,96337
3 - 4		1,67313	3,8192
3 - 5		0,864375	3,8192
4 - 5		-0,80875	3,66937

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 119. Testes de faixa múltipla para MOE por tempo de imersão no solo 2. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	20	14,19	0,822828	X
4	19	16,214	0,849813	X
3	17	16,7305	0,926062	X
1	19	16,741	0,849813	X

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		2,551	3,13403
1 - 3		0,0105	3,3301
1 - 4		0,527	3,18418
2 - 3		-2,5405	3,28218
2 - 4		-2,024	3,13403
3 - 4		0,5165	3,3301

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

ANEXO 11 Tabela 120. Valores médios do módulo de ruptura (MOR) dos corpos-de-prova obtidos para as diferentes concentrações, tempos de imersão e tipos de solo. S = desvio padrão

Concentração (%)	Tempo de Imersão (min)	MOR (MPa)	S
0	15	148	47,09
	15	118	12,24
	45	126	18,73
	45	93	13,61
	90	129	18,38
	90	124	15,00
	180	122	21,24
	180	123	20,68
5	15	139	11,73
	15	119	19,25
	45	139	11,85
	45	104	9,95
	90	135	21,38
	90	117	15,13
	180	151	18,62
	180	125	17,41
10	15	147	8,03
	15	136	26,67
	45	114	23,90
	45	104	21,84
	90	135	34,38
	90	124	18,21
	180	200	107,39
	180	139	18,62
20	15	121	8,06
	15	106	17,05
	45	107	12,54
	45	120	20,51
	90	167	15,75
	90	118	21,15
	180	136	30,49
	180	109	13,93
30	15	131	8,90
	15	90	12,43
	45	139	25,83
	45	124	21,27
	90	127	31,58
	90	120	13,84
	180	154	21,60
	180	130	15,91

Os valores destacados em cinza se referem ao solo estéril. Valores sem o destaque se referem ao solo normal.

ANEXO 12

Análise estatística dos resultados finais do ensaio de flexão estática (MOR)

Tabela 121. Análise de variância para MOR – Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	5357,72	4	1339,43	2,13	0,0791
B:Imers	11707,6	3	3902,54	6,21	0,0005
C:Solo	21460,9	1	21460,9	34,14	0,0000
INTERACTIONS					
AB	19336,1	12	1611,34	2,56	0,0038
AC	373,732	4	93,433	0,15	0,9634
BC	994,418	3	331,473	0,53	0,6641
RESIDUAL	106857,	170	628,573		
TOTAL (CORRECTED)	165916,	197			

Tabela 122. Testes de faixa múltipla para MOR por concentração da solução. Método de Tukey HSD

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	40	122,906	4,04587	x
4	40	123,063	4,04587	x
5	39	126,755	4,0843	x
2	40	128,594	4,04587	x
3	39	137,576	4,1352	x

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3), 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-5,6875	15,7763
1 - 3		-14,6693	15,9514
1 - 4		-0,15625	15,7763
1 - 5		-3,84833	15,8514
2 - 3		-8,98181	15,9514
2 - 4		5,53125	15,7763
2 - 5		1,83917	15,8514
3 - 4		14,5131	15,9514
3 - 5		10,821	16,0243
4 - 5		-3,69208	15,8514

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 123. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	49	116,979	3,64626	x
1	50	125,617	3,61874	xx
3	49	129,76	3,6828	xx
4	50	138,758	3,61874	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		8,638	13,3551
1 - 3		-4,14378	13,4227
1 - 4		-13,1417	13,3044
2 - 3		-12,7818	13,472
2 - 4	*	-21,7797	13,3551
3 - 4		-8,99788	13,4227

Tabela 124. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Solo</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
1	119	117,139	2,29959	X
2	79	138,418	2,82384	X

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2	*	-21,2784	7,1886

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOR na concentração 1 (0%) para os fatores tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 125. Análise de variância para MOR na concentração 1 (0%)– Tipo III Soma dos quadrados.

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Imers	3020,38	3	1006,79	2,14	0,1145
B:Solo	2713,54	1	2713,54	5,77	0,0223
INTERACTIONS					
AB	2220,38	3	740,126	1,57	0,2149
RESIDUAL	15051,6	32	470,362		
TOTAL (CORRECTED)	23445,0	39			

Tabela 126. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão na concentração 1. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Imers</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
2	10	109,208	6,99972	X
4	10	122,167	6,99972	X
3	10	126,792	6,99972	X
1	10	133,458	6,99972	X

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
1 - 2		24,25	26,8245
1 - 3		6,66667	26,8245
1 - 4		11,2917	26,8245
2 - 3		-17,5833	26,8245
2 - 4		-12,9583	26,8245
3 - 4		4,625	26,8245

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 127. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo na concentração 1. Método de Tukey HSD 95%.

<i>Solo</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
1	24	114,5	4,42701	X
2	16	131,313	5,42196	X

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

<i>Contrast</i>	<i>Sig.</i>	<i>Difference</i>	<i>+/- Limits</i>
-----------------	-------------	-------------------	-------------------

1 - 2	*	-16,8125	14,258
-------	---	----------	--------

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOR na concentração 2 (5%) para os fatores tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 128. Análise de variância para MOR na concentração 2 (5%)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Imers	1437,38	3	479,126	1,86	0,1562
B:Solo	5850,94	1	5850,94	22,72	0,0000
INTERACTIONS					
AB	409,579	3	136,526	0,53	0,6649
RESIDUAL	8241,58	32	257,549		
TOTAL (CORRECTED)	16090,4	39			

Tabela 129. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão na concentração 2. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	10	121,458	5,17958	x
3	10	125,583	5,17958	x
1	10	129,292	5,17958	x
4	10	138,042	5,17958	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		7,83333	19,8494
1 - 3		3,70833	19,8494
1 - 4		-8,75	19,8494
2 - 3		-4,125	19,8494
2 - 4		-16,5833	19,8494
3 - 4		-12,4583	19,8494

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 130. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo na concentração 2. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	24	116,25	3,27586	x
2	16	140,938	4,01209	x

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	-24,6875	10,5505

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOR na concentração 3 (10%) para os fatores tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 131. Análise de variância para MOR na concentração 3 (10%)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Imers	18138,2	3	6046,07	3,88	0,0182
B:Solo	4933,43	1	4933,43	3,17	0,0849
INTERACTIONS					
AB	4617,89	3	1539,3	0,99	0,4110
RESIDUAL	48274,4	31	1557,24		
TOTAL (CORRECTED)	74045,9	38			

Tabela 132. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão na concentração 3. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	10	109,0	12,7363	X
3	9	129,583	13,9519	XX
1	10	141,625	12,7363	XX
4	10	169,25	12,7363	X

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		32,625	48,8936
1 - 3		12,0417	51,28
1 - 4		-27,625	48,8936
2 - 3		-20,5833	51,28
2 - 4	*	-60,25	48,8936
3 - 4		-39,6667	51,28

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 133. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo na concentração 3. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	24	125,75	8,05512	X
2	15	148,979	10,2683	X

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-23,2292	26,6173

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOR na concentração 4 (20%) para os fatores tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 134. Análise de variância para MOR na concentração 4 (20%)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Imers	5395,48	3	1798,49	5,31	0,0044
B:Solo	3792,15	1	3792,15	11,20	0,0021
INTERACTIONS					
AB	4713,88	3	1571,29	4,64	0,0084
RESIDUAL	10838,7	32	338,708		
TOTAL (CORRECTED)	23326,8	39			

Tabela 135. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão na concentração 4. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	10	113,583	5,93988	x
1	10	113,625	5,93988	x
4	10	122,417	5,93988	xx
3	10	142,625	5,93988	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		0,0416667	22,763
1 - 3	*	-29,0	22,763
1 - 4		-8,79167	22,763
2 - 3	*	-29,0417	22,763
2 - 4		-8,83333	22,763
3 - 4		20,2083	22,763

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 136. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo na concentração 4. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	24	113,125	3,75671	x
2	16	133,0	4,60101	x

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	-19,875	12,0992

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOR na concentração 5 (30%) para os fatores tempo de imersão e tipo de solo

Tabela 137. Análise de variância para MOR na concentração 5 (30%)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Imers	5201,88	3	1733,96	4,53	0,0096
B:Solo	4285,07	1	4285,07	11,19	0,0022
INTERACTIONS					
AB	1615,27	3	538,424	1,41	0,2595
RESIDUAL	11868,6	31	382,859		
TOTAL (CORRECTED)	23893,0	38			

Tabela 138. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão na concentração 5. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	10	110,083	6,31515	X
3	10	123,375	6,31515	XX
2	9	131,7	6,5629	XX
4	10	141,917	6,31515	X

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-21,6167	24,7235
1 - 3		-13,2917	24,2434
1 - 4	*	-31,8333	24,2434
2 - 3		8,325	24,7235
2 - 4		-10,2167	24,7235
3 - 4		-18,5417	24,2434

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 139. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo na concentração 5. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	23	116,1	4,09268	X
2	16	137,438	4,89169	X

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	-21,3375	13,008

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOR no tempo de imersão 1 (15 minutos) para os fatores concentração e tipo de solo

Tabela 140. Análise de variância para MOR no tempo de imersão 1 (15 min)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	6876,95	4	1719,24	4,30	0,0055
B:Solo	6664,65	1	6664,65	16,68	0,0002
INTERACTIONS					
AB	1395,75	4	348,937	0,87	0,4885
RESIDUAL	15985,5	40	399,637		
TOTAL (CORRECTED)	31915,6	49			

Tabela 141. Testes de faixa múltipla para MOR por concentração da solução no tempo de imersão 1. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
5	10	110,083	6,45205	X
4	10	113,625	6,45205	X
2	10	129,292	6,45205	XX
1	10	133,458	6,45205	XX
3	10	141,625	6,45205	X

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3), 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		4,16667	26,0629
1 - 3		-8,16667	26,0629
1 - 4		19,8333	26,0629
1 - 5		23,375	26,0629
2 - 3		-12,3333	26,0629
2 - 4		15,6667	26,0629
2 - 5		19,2083	26,0629
3 - 4	*	28,0	26,0629
3 - 5	*	31,5417	26,0629
4 - 5		3,54167	26,0629

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 142. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo no tempo de imersão 1. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	30	113,833	3,64983	X
2	20	137,4	4,47011	X

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	-23,5667	11,6634

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOR no tempo de imersão 2 (45 minutos) para os fatores concentração e tipo de solo

Tabela 143. Análise de variância para MOR no tempo de imersão 2 (45 min)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	3418,37	4	854,593	2,49	0,0591
B:Solo	3031,19	1	3031,19	8,82	0,0051
INTERACTIONS					
AB	3524,04	4	881,009	2,56	0,0533
RESIDUAL	13399,2	39	343,569		
TOTAL (CORRECTED)	23644,0	48			

Tabela 144. Testes de faixa múltipla para MOR por concentração da solução no tempo de imersão 2. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
3	10	109,0	5,98235	X
1	10	109,208	5,98235	X
4	10	113,583	5,98235	X
2	10	121,458	5,98235	X
5	9	131,7	6,21704	X

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3), 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-12,25	24,1944
1 - 3		0,208333	24,1944
1 - 4		-4,375	24,1944
1 - 5		-22,4917	24,6735
2 - 3		12,4583	24,1944
2 - 4		7,875	24,1944
2 - 5		-10,2417	24,6735
3 - 4		-4,58333	24,1944
3 - 5		-22,7	24,6735
4 - 5		-18,1167	24,6735

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 145. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo no tempo de imersão 2. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	29	108,98	3,45114	X
2	20	125,0	4,14469	X

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	-16,02	10,9092

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOR no tempo de imersão 3 (90 minutos) para os fatores concentração e tipo de solo

Tabela 146. Análise de variância para MOR no tempo de imersão 3 (90 min)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	2231,25	4	557,812	1,39	0,2541
B:Solo	3567,39	1	3567,39	8,91	0,0049
INTERACTIONS					
AB	3237,21	4	809,301	2,02	0,1103
RESIDUAL	15609,6	39	400,246		
TOTAL (CORRECTED)	23950,4	48			

Tabela 147. Testes de faixa múltipla para MOR por concentração da solução no tempo de imersão 3. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
5	10	123,375	6,45695	x
2	10	125,583	6,45695	x
1	10	126,792	6,45695	x
3	9	129,583	7,07324	x
4	10	142,625	6,45695	x

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3), 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		1,20833	26,1139
1 - 3		-2,79167	27,3884
1 - 4		-15,8333	26,1139
1 - 5		3,41667	26,1139
2 - 3		-4,0	27,3884
2 - 4		-17,0417	26,1139
2 - 5		2,20833	26,1139
3 - 4		-13,0417	27,3884
3 - 5		6,20833	27,3884
4 - 5		19,25	26,1139

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 148. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo no tempo de imersão 3. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	30	120,8	3,65261	x
2	19	138,383	4,62022	x

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	-17,5833	11,913

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOR no tempo de imersão 4 (180 minutos) para os fatores concentração e tipo de solo

Tabela 149. Análise de variância para MOR no tempo de imersão 4 (180 min)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	14232,6	4	3558,15	2,89	0,0343
B:Solo	9130,08	1	9130,08	7,41	0,0096
INTERACTIONS					
AB	4799,33	4	1199,83	0,97	0,4326
RESIDUAL	49280,6	40	1232,01		
TOTAL (CORRECTED)	75214,0	49			

Tabela 150. Testes de faixa múltipla para MOR por concentração da solução no tempo de imersão 4. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	10	122,167	11,3285	x
4	10	122,417	11,3285	x
2	10	138,042	11,3285	xx
5	10	141,917	11,3285	xx
3	10	169,25	11,3285	x

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3), 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-15,875	45,7612
1 - 3	*	-47,0833	45,7612
1 - 4		-0,25	45,7612
1 - 5		-19,75	45,7612
2 - 3		-31,2083	45,7612
2 - 4		15,625	45,7612
2 - 5		-3,875	45,7612
3 - 4	*	46,8333	45,7612
3 - 5		27,3333	45,7612
4 - 5		-19,5	45,7612

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 151. Testes de faixa múltipla para MOR por tipo de solo no tempo de imersão 4. Método de Tukey HSD 95%.

Solo	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	30	124,967	6,40837	x
2	20	152,55	7,84861	x

Tipos de solo – (1) normal; (2) estéril.

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2	*	-27,5833	20,4786

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOR no solo 1 (normal) para os fatores concentração e tempo de imersão

Tabela 152. Análise de variância para MOR no solo 1 (normal)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	2377,03	4	594,258	1,85	0,1250
B:Imers	4487,49	3	1495,83	4,66	0,0043
INTERACTIONS					
AB	11579,6	12	964,969	3,01	0,0013
RESIDUAL	31768,7	99	320,896		
TOTAL (CORRECTED)	50529,2	118			

Tabela 153. Testes de faixa múltipla para MOR por concentração da solução no solo 1. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
4	24	113,125	3,65659	x
1	24	114,5	3,65659	x
5	23	116,1	3,74689	x
2	24	116,25	3,65659	x
3	24	125,75	3,65659	x

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3), 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-1,75	14,3686
1 - 3		-11,25	14,3686
1 - 4		1,375	14,3686
1 - 5		-1,6	14,5471
2 - 3		-9,5	14,3686
2 - 4		3,125	14,3686
2 - 5		0,15	14,5471
3 - 4		12,625	14,3686
3 - 5		9,65	14,5471
4 - 5		-2,975	14,5471

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 154. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão no solo 1. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	29	108,98	3,33533	x
1	30	113,833	3,27056	xx
3	30	120,8	3,27056	xx
4	30	124,967	3,27056	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		4,85333	12,2068
1 - 3		-6,96667	12,0865
1 - 4		-11,1333	12,0865
2 - 3		-11,82	12,2068
2 - 4	*	-15,9867	12,2068
3 - 4		-4,16667	12,0865

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Valores de MOR no solo 2 (estéril) para os fatores concentração e tempo de imersão

Tabela 155. Análise de variância para MOR no solo 2 (estéril)– Tipo III Soma dos quadrados.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Conc	3036,81	4	759,201	0,72	0,5839
B:Imers	7615,3	3	2538,43	2,40	0,0772
INTERACTIONS					
AB	20339,1	12	1694,92	1,60	0,1166
RESIDUAL	62506,2	59	1059,43		
TOTAL (CORRECTED)	93854,6	78			

Tabela 156. Testes de faixa múltipla para MOR por concentração da solução no solo 2. Método de Tukey HSD 95%.

Conc	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	16	131,313	8,13721	x
4	16	133,0	8,13721	x
5	16	137,438	8,13721	x
2	16	140,938	8,13721	x
3	15	148,979	8,46947	x

Concentrações – 0% (1); 5% (2), 10% (3), 20% (4) e 30% (5).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-9,625	32,3826
1 - 3		-17,6667	33,0503
1 - 4		-1,6875	32,3826
1 - 5		-6,125	32,3826
2 - 3		-8,04167	33,0503
2 - 4		7,9375	32,3826
2 - 5		3,5	32,3826
3 - 4		15,9792	33,0503
3 - 5		11,5417	33,0503
4 - 5		-4,4375	32,3826

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

Tabela 157. Testes de faixa múltipla para MOR por tempo de imersão no solo 2. Método de Tukey HSD 95%.

Imers	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
2	20	125,0	7,27814	x
1	20	137,4	7,27814	xx
3	19	138,383	7,51683	xx
4	20	152,55	7,27814	x

Tempos de imersão – 15 min (1); 45 min (2), 90 min (3) e 180 min (4).

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		12,4	27,2131
1 - 3		-0,983333	27,6629
1 - 4		-15,15	27,2131
2 - 3		-13,3833	27,6629
2 - 4	*	-27,55	27,2131
3 - 4		-14,1667	27,6629

* denota uma diferença estatisticamente diferente com nível de confiança 95%.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTSCHUL, Stephen F. *et al.*, D.L. Basic local alignment search tool. **Journal of Molecular Biology**, Amsterdam. v. 215, n.3, p. 403-410, 1990.

ALVES, Mariângela *et al.* Ação de diferentes preparações de extrato pirolenhoso sobre *Brevipalpus phoenicis* (GEIJSKES). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v.29, n.2, p.382-385, ago. 2007.

ALVES, Marcus Vinicius da Silva; MENDES, Alfredo de Souza. **Biodegradação e preservação da madeira**. Brasília: LPF, 2002. 40 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15521**: Ensaios não destrutivos – Ultra-som – Classificação mecânica de madeira serrada de dicotiledôneas. Campinas, 2007. 8 p.

AZZINI, A.; BERALDO. A. L. **Métodos práticos para utilização do bambu**. Campinas: Gráfica da Unicamp, 2001. 14 p.

BARBOZA, Aline da Silva Ramos; BARBIRATO, João Carlos Cordeiro; SILVA, Marcelle Maria Correia Pais. Avaliação do uso de bambu como material alternativo para a execução de habitação de interesse social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.8, n.1, p.115-129, jan/mar. 2008.

BARTLETT, John M. S.; STIRLING, David. *Methods in Molecular Biology. PCR Protocols*. New Jersey: Human Press Inc., 2003. 531p.

BERALDO, Antonio, L.; ESPELHO, Jean, C., C.; FERREIRA, Gisleiva, C. Evaluación de la eficiencia del tratamiento de latas de bambú por medio del método Boucherie modificado. In:

BERALDO, Antonio Ludovico *et al.* Bambu: características e aplicações. In: FREIRE, Wesley Jorge; BERALDO, Antonio Ludovico. **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Campinas: Unicamp, 2003. p.253-319.

BERALDO, Antonio, L.; ESPELHO, Jean, C., C.; FERREIRA, Gisleiva, C. Evaluación de la eficiencia del tratamiento de latas de bambú por medio del método Boucherie modificado. In: BRASIL NOCMAT CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE MATERIAIS E TECNOLOGIAS NÃO-CONVENCIONAIS NA CONSTRUÇÃO ECOLÓGICA E SUSTENTÁVEL, 2006. Salvador, BA. **Anais...** Bahia, 2006. v.1, p. 1-3.

BERNARDI, E.; NASCIMENTO, J. S. Fungos anemófilos na praia do Laranjal, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, SP, v.72, n.1, p.93-97, jan/mar. 2005.

BERNSEN, Rodrigo S. **Caracterização anatômica, física e mecânica de lâminas de bambu (*Phyllostachys pubescens*)**. 2008. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2008.

BRAND, M. A.; ANZALDO, J.; MORESCHI, J. C. Novos produtos para o tratamento preservante da madeira. “Perspectivas da pesquisa e utilização”. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 36, n. 1, jan/abr. 2006.

BRAZOLIN, Sérgio. **Podridão mole em madeira de *Tabebuia* sp. (Ipê) em torre de resfriamento de água: identificação e avaliação da capacidade de degradação dos fungos e alterações na estrutura anatômica da madeira**. 2007. 161 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

BRAZOLIN, Sérgio; TOMAZELLO FILHO, Mário. Alterações na estrutura anatômica de madeira de *Tabebuia* sp. (Ipê) de torre de resfriamento de água, por fungos de podridão mole. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, SP, v.1, n. 55, p.97-105, jun. 1999.

BREVE, André Luis da Silva. **Análise de possíveis agentes como fonte de obtenção de sistemas moleculares complexos**. 2006. 74 f. Monografia (Bacharel em Informática Biomédica) Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, Faculdade de Medicina, Informática Biomédica, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

BURTON, G. R. W.; ENGELKIRK, P. G. **Microbiologia para as ciências da saúde**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005. 289 p.

CARDOSO JUNIOR, R. **Arquitetura com bambu**. 2000. 109 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal / Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2000.

CHANG, Shang-Tzen; WU, Jyh-Horng. Green-color conservation of ma bamboo (*Dendrocalamus latiflorus*) treated with chromium-based reagents. **Journal of Wood Science**, Japan, v.46, p.40-44, 2000.

ENCYCLOPEDIA OF LIFE. Busca de referência e banco de dados online. Disponível em: <<http://www.eol.org>>. Acesso em: 15 out. 2010.

ESPELHO, Jean Claudio Chiozzini. **Tratamento químico de colmos de bambu pelo método de Boucherie modificado**. 2007. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

ESPELHO, Jean C. C.; BERALDO, Antonio L. Avaliação físico-mecânica de colmos de bambu tratados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.12, n.6, p.645–652, 2008.

FERRARI, Vladimir José; PADARATZ, Ivo José. Aplicação de ondas ultra-sônicas na detecção das primeiras fissuras em vigas de concreto armado e na avaliação da resistência à compressão. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, PR, v.25, n.2, p.185-191, 2003.

FUNGARO, Maria Helena Pelegrinelli. PCR na micologia. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**. Brasília, n.14, p.12-16, 2000.

GALVÃO, Antonio Paulo Mendes; MAGALHÃES, Washington Luiz Esteves; MATTOS, Patrícia Póvoa. **Processos práticos para preservar a madeira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004, 49 p.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.9, n.1, p.107-114, 2005.

GONZALEZ, Iris Laudien *et al.* Ribosomal RNA gene sequences and hominoid phylogeny. **Molecular Biology and Evolution**, Oxford, v.7, n.9, p.203-219, 1990.

HALL, Thomas A. BioEdit version 7.0.5. 2005. Disponível em: <<http://www.mbio.ncsu.edu/BioEdit/bioedit.html>>

HIDALGO-LÓPEZ, Oscar. **Bamboo**: The gift of the Gods. Colombia - National University of Colombia at the School of Architecture, 2003, 553 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. Produtos preservativos de madeiras. Instrução Normativa n.132, 10 nov. 2006. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/qualidadeambiental/madeira>> Acesso em: 10 dez. 2009.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **IPT 1157 - parte D5**: Métodos de ensaios e análises em preservação de madeiras: Ensaio acelerado de laboratório para determinação de eficiência de preservativos contra fungos de podridão mole. São Paulo, 1980. 2 p.

JANKOWSKY, Ivaldo Pontes. Os creosotos na preservação de madeiras. **Revista IPEF (Atual Scientia Florestalis)**, Piracicaba, SP, n.34, p. 5-14, 1986. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr34.asp>> Acesso em: 22 jul. 2009.

_____. Fundamentos de preservação de madeiras. **Documentos florestais**, Piracicaba, SP, v.11, p.1-12, 1990.

KLEIST, Gunnar; MORRIS, Ian; MURPHY, Richard. Invasion and colonisation of bamboo culm material by stain and decay fungi. In: ANNUAL MEETING CARDIFF, 33, May. 2002. United Kingdom. **The International Research Group on Wood Preservation**, 10 p. Disponível em: <<http://www.irg-wp.com/Documents/2002/IRG-02-10453.pdf>> Acesso em: 04 mar. 2009.

KÖSE, Coskun; TERZI, Evren; KARTAL, S. Nami. Evaluation of decay and termite resistance of wood treated with copper in combination with boron and N0-N-(1, 8-naphthyl) hydroxylamine (NHA-Na). **International Biodeterioration and Biodegradation**, United States, n.63, p. 727-731, 2009.

LAPO, Luis Eduardo Rebolo; BERALDO, Antonio Ludovico. Bambu Laminado Colado (BLC). **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, PR, v.1, n.2, p.165-177, mai/ago. 2008.

LEE, Andy W. C.; CHEN, Gang; TAINTER, Frank H. Comparative treatability of Moso bamboo and Southern pine with CCA preservative using a comercial schedule. **Bioresource Technology**, United States of America, v.77, n.1, p.87-88, Mar. 2001.

LEE, Steven B.; TAYLOR, John W. Phylogeny of five fungus-like protocistan *Phytophthora* species, inferred from the Internal Transcribed Spacers of Ribossomal DNA. **Molecular Biology and Evolution**, Oxford, v.9, n.4, p.636-653, Jan. 1992.

LEPAGE, Ennio Silva. Reflexões sobre o uso de madeira tratada com CCA. Informativo Técnico - Divisão Osmose. Montana Química S. A. mar/2008.

LOPES, Wilza G.R.; FREIRE, Wesley J.; FERREIRA, Gisleiva C.S. Ensaios de arrancamento e empuxamento aplicados a taliscas de bambu encravadas em corpos-de-prova de solo-cimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.6, n.3, p.504-510, fev. 2002.

LUPATINI, Manoeli; MELLO, Andrea Hentz; ANTONIOLLI, Zaida Inês. Caracterização do DNA ribossômico do isolado de Scleroderma UFSMSc1 de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, número especial, p.2677-2682, 2008.

MACHEK, L. *et al.* A non-destructive approach for assessing decay in preservative treated wood. **Wood Science and Technology**, v. 37, p. 411-417, 2004.

MARTIN, Kendall J. Introduction to molecular analysis of ectomycorrhizal communities. **Soil Science Society of America Journal**. US, v.71, n.2, p.601-610, Mar/Apr. 2007.

MENDES, Rodrigo. Diversidade e caracterização genética de comunidades microbianas endofíticas associadas à cana-de-açúcar. 2008. 119 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.

MOHANAN, C. **Diseases of Bamboo in Asia**: An illustrated manual. New Delhi: International Network for Bamboo and Rattan, 1997. 228 p. Disponível em: <<http://www.inbar.int/publication/txt/tr10/default1.htm>> Acesso em: 25 mar. 2009.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. Entrez Taxonomy. Contém nomes dos organismos representados no banco de dados. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy>> Acesso em: 15 out. 2010.

NASCIMENTO, A.M.; STACHERA, S.F.; XAVIER, L.M. Tratamentos preservantes aplicados ao *Bambusa tuldoidea* (Munro). In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS FLORESTAIS, 2, 2002, Curitiba. **Anais...** Paraná, 2002, v.1, p.1-10.

OLIVEIRA, J., B.; MENK, J., R., F.; ROTTA, C., L. **Levantamento pedológico semidetalhado dos solos do Estado de São Paulo**: Quadrícula de Campinas. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1979. 169 p.

OLIVEIRA, Rodrigo Nunes de; MACEDO, Alcebíades Negrão. Análise da durabilidade para construções em madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 9, 2004, Cuiabá. **Anais...**Mato Grosso, 2004, p.1-14.

PAES, Juarez Benigno *et al.* Efeitos da purificação e do enriquecimento do creosoto vegetal na preservação da madeira de *Eucalyptus grandis*, após 48 meses de instalação do ensaio de campo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.26, n.4, p. 475-484, ago. 2002.

PINHEIRO, Roberto Vasconcelos. **Influência da preservação contra a demanda biológica em propriedades de resistência e de elasticidade da madeira**. 2001. 187 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

POLUCHA, Fernanda S.; WATANABE, Hanna Lie; FERNANDES, Dulce Maria Paiva. Design para sustentabilidade: bambu laminado e vidro reciclado na produção de móveis. In: CONGRESSO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 7, 2006, Curitiba. **Anais...**Paraná, 2006, p.1-9.

PORTO, Paulo Ramazzotti; SAKITA, André Eidi Nakaoka; NAKAOKA SAKITA, Massako. Efeito da aplicação do extrato pirolenhoso na germinação e no desenvolvimento de mudas de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **IF Série Registros**, São Paulo, n.31, p.15-19, jul.2007.

RAMOS, Henrique Pereira. **Otimização das condições de cultivo do fungo endofítico *Arthrtrinium* state of *Apiospora montagnei* Sacc. para produção de metabólitos secundários com atividades biológicas.** 2008. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

RAMOS, Henrique Pereira *et al.* Antimicrobial activity from endophytic fungi *Arthrtrinium* state of *Apiospora montagnei* Sacc. and *Papulaspora immersa*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.53, n3, p.629-632, May/Jun. 2010.

RIBEIRO, Diorvania Cardoso *et al.* Comparação das técnicas de PCR-RFLP e seqüenciamento de região ITS-rDNA para análise filogenética de isolados de *Colletotrichum* spp. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, SC, v.8, n.1, p.43-52, 2009.

RIVERO, Lourdes Abbade. **Laminado colado e contraplacado de Bambu.** 2003. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003.

SANTOS NETO, Armando Paulo; CASTRO, Protasio Ferreira. A aplicação do ultrassom para verificação da resistência de tração à flexão das telhas em cerâmica vermelha. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, Itajubá, MG, v.1, n.3, p.15-26, out. 2004.

SARLO, Helena Bergi. **Influência das fases da lua, da época de corte e das espécies de bambus sobre o ataque de *Dinoderus minutus* (Fabr.) (Coleóptera: Bostrichidae).** 2000.

63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2000.

SILVA, Roberto Magno de Castro. O bambu no Brasil e no mundo. In: ENCONTRO DA ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 2006. **Anais...**Goiás, 2006. v.1, p.1-45.

SILVA, R. G. da *et al.* Occurrence of filamentous fungi on Brazilian giant bamboo. In: WORLD BAMBOO CONGRESS, 8, 2009. **Anais...** Tailândia, 2009. v. 1. p. 580-589.

SIN, Marie K. W.; HYDE, Kevin D; POINTING, Stephen B. Comparative enzyme production by fungi from diverse lignocellulosic substrates. **The Journal of Microbiology**, Korea, v. 40, n. 3, p. 241-244, Sep. 2002.

SOUZA-SILVA, Alan *et al.* Preferência de formigas cortadeiras por mudas de eucalipto pulverizadas ou imersas em soluções de extrato pirolenhoso em diferentes concentrações. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, SP, n.67, p. 9-13, abr. 2005.

SOUZA, João Maurício Fernandes *et al.* Resistencia à tração e compressão do bambu *Dendrocalamus giganteus* após tratamento de mineralização. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5, 2007, Anápolis. **Anais...** GO, Universidade Estadual de Goiás, 2007, p.1-5.

STUMPP, Eugen *et al.* Avaliação de sustentabilidade e eficácia de tratamentos preservantes naturais de madeiras de florestas plantadas no RS para o controle do cupim. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 21-31, abr/jun. 2006.

TAMURA, K. *et al.* MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. **Molecular Biology and Evolution**, v. 24, n. 8, p. 1596 – 1599, Aug. 2007.

TANAKA, K. *et al.* Molecular taxonomy of bambusicolous fungi: *Tetraplospheariaceae*, a new pleosporalean family with *Tetraploa*-like anamorphs. **Studies in Micology**, Netherlands, v. 64, n.1, p. 175-209, Dec. 2009.

ZANETTI, Marcelo *et al.* Uso de subprodutos de carvão vegetal na formação do porta-enxerto limoeiro ‘cravo’ em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v.25, n.3, p.508-512, dez. 2003.

ZHOU, Dequn; HYDE, Kevin D. Fungal succession on bamboo in Hong Kong. **Fungal Diversity**, China, v. 10, n. 1, p. 213-227, Jun. 2002.